
從認知／方法論之向度初探高中學生 模型及建模歷程之知識

林靜雯¹ 邱美虹^{2*}

¹國立編譯館 自然組

²國立臺灣師範大學 科學教育研究所

【轉載自：中華民國第二十三屆科學教育
學術研討會 合集論文】

壹、緒論

模型在科學教育中扮演著重要的角色。Gilbert (1991)認為「科學」乃建構模型的過程，而「學習科學」則是學習建構模型的過程，是故建構模型的教學能有效促進學生的科學素養及科學概念。但目前科學學習相關之研究多集中於內容分析，而科學教學相關的教學活動，亦鮮少明確地討論模型的本質。更甚者，即使目前課程強調建構主義的教學策略，但教師卻常將模型以靜態科學事實的方式傳授給學生，而極少邀請學生主動建立模型或修正模型(Van Driel & Verloop, 1999)。有鑑於此，本研究從學習的另一個面向—「模型本質」及「建模能力」切入，其主要目的有二，其一為發展一套評量工具，以協助科學教育研究者從認知/方法論的向度探究高中學生模型及建模歷程的知識；其二，本研究擬從高中生回答此評量工具的結果，初步瞭解其對模型及建模歷程的知識。

貳、文獻探討

關於模型教與學的研究，大多著重於特定模型「內容」的探討，鮮少針對「學生對模型功能之知識」及其「建模歷程」深入探討(Van Driel & Verloop, 1999)，而這正凸顯了科學教育研究者對於學生模型認知/方法論向度研究的缺乏與迫切性。是故本研究擬先回顧這兩方面的文獻，以做為本研究評量工具設計之理論基礎。

一、學生對科學模型功能之知識

Leatherdale (1974；引自 Gilbert, 1993)認為模型在科學上有七個功能，其分別為：1.簡化複雜現象，易於思考；2.提供更容易理解的方式瞭解理論；3.提供理論的預測能力，一個結構化與機械化的向度；4.強化理論的預測能力；5.提供理論發展的方式；6.提供相關理論深刻理解與想像的媒介；7.提供實驗與觀察的理論推導關係。科學方法的主要元素之一即是模型的形成與檢驗，因此科學教育應該將建模的技能包含入教學與學習中(Gilbert, 1993)。

另一方面，Grosslight, Unger, Jay 和 Smith (1991)比較 7 年級、11 年級及專家的建模能力後，將之區分為三個等級。若

* 為本文通訊作者

僅探討學生對於模型功能的觀點，位於第一個層次的學生，多認為模型的功能是實體的描述。第二個層次的學生則能將模型的功能拓展至溝通工具，而第三個層次則是用來發展和檢驗抽象的想法，並可以解釋和預測現象。

二、建模歷程

Halloun (1996)認為解決課本典範問題的建模歷程有五個步驟，其分別為選擇、建構、有效化、分析和調度 (deployment)。所謂的「選擇」意指從熟悉模型中，選擇出一個合適的模型以解決問題；而「建立」則是確認（或重製所選）模型的相關成份與結構，以建立模型；「效化」意味著利用不同形式檢驗模型的內部一致性，以判斷是否須要修正模型；「分析」則是利用已效化的模型求得解答、解釋或判斷問題解答的適當性。至於「調度」，則是使用已效化的模型解決新情境的問題。這些過程並沒有等級的關係、中間三個步驟相互重疊，某些步驟甚至是同步建構。因此，教師不應規定學生建模的步驟，而應當引導他們在問題解決的歷程中逐漸發展。此外，Halloun 亦指出在傳統的教學歷程中，「效化」和「調度」這兩個步驟常被忽略，而「互動」和「辯證」的過程則有助於彌補此種教學的缺失。

Sison 和 Shimura (1998)指出學生建模的能力與背景知識相關，許多研究另特別指出建模歷程中應與學生相互討論每個模型的表徵，協助學生理解模型與目標之間的相似性、差異性及限制性 (Clement, 1989;

Harrison & Treagust, 1996)，如此方能有效協助學生學習。

參、研究方法

一、研究工具的設計

本研究為一二年期整合型計畫中之一個子計畫，主要從認知/方法論的向度設計一套評量工具以探究高中學生模型及建模歷程的知識。評量工具共包括兩大部分，其一為李克式量表，其目的在於瞭解學生對模型功能及建模歷程的知識，其二為具多種題型的問卷，讓學生在真實解決問題的過程中，實際呈現完整的建模歷程，最後比較第一部份李克式量表中學生對建模歷程之知識及其於第二部分實際解題建模時的表現。惟礙於文長，以下僅介紹第一部份李克式量表的設計，並僅就其結果加以討論。

本研究所設計之量表為 4 點式李克式量表，其分別為「非常同意」、「同意」、「不同意」、及「非常不同意」。其中，非常同意記為 4 點，同意記為 3 點，以此類推。使用 4 點量表之主因乃強迫學生表示意見，避免學生選擇中立選項。此份問卷共 16 小題（題號分佈科學模型本質問卷之 31~46 題）。31~40 題之內容與模型的功能有關（題目請參考表一），問卷中所條列的功能主要整理自 Grosslight 等人 (1991) 以及 Gilbert 等人之一系列之研究（例如：Gilbert (1993); Justi & Gilbert (2002)），其中 31~33 題為層次較低的功能，是大多人都知曉而能察覺的功能，34~37 為中等程

度的功能，而 38~40 則為層次較高层次的功能。惟這些層次的區分乃整理自不同文獻，含括不同年齡、背景的受試者，並以不同的研究方法獲得，因此層次的區分應非絕對，但可作為一簡明的對照，讓研究者很快瞭解本研究中學生對模型知識與文獻的比較。從 41~46 題則主要評量學生對建模歷程的知識。此處建模歷程的設計，研究者主要參考 Halloun (1996) 的分類，將之區分為選擇、建構、有效化、分析和調度五個步驟，另外考量覺察模型的適用範圍或限制（如異例），再重建新模型的重要性 (Clement, 1989; Harrison & Treagust, 1996)，因此另設計一個題目評量學生「再重建」模型的觀點。

整份問卷的設計由本子計畫整個研究團隊多人整理文獻所得，而後經所有整合型子計畫主持人交換彼此設計之子量表建立專家效度，修正後再經多次共同討論、修正，以及實際讓高中學生進行小規模閱讀理解及預試後修正所得，其庫李信度值經 SPSS 12 計算後 α 為 .792。

二、研究對象

本研究施測對象乃方便取樣，係以台北市松山區一所高中高一學生共 68 人為初探對象。

三、資料分析

本研究針對李克式量表部分，進行兩項分析。其一乃針對量表中各試題逐一進行描述性統計分析（主為平均數及標準差），以瞭解學生對模型功能及建模知識的

表現，另一乃針對 31~40 題有關模型功能的部分則以主成分分析加以直交轉軸法進行因素分析。

肆、結果與討論

一、描述性統計

此份李克式量表共 16 題，其平均介於 2.71~3.40，標準差則介於 0.49~0.76。在「模型的功能部分」，原試題設計參考之前文獻大致分成低、中、高三個層次，問卷分析結果則顯示在低層次題中（31~33 題），學生之平均介於 3.22~3.31，中層次題（34~37 題）之平均介於 3.07~3.21，高層次題（38~40 題）則介於 2.71~3.40。就學生平均而言，高一學生對於模型低層次的功能的確有較高的平均，顯示受測學生多認同模型用以描述特定現象、視覺表徵及做為參考標準的功能。其中，又以模型提供視覺表徵的功能平均最高 ($M=3.31$)。而在中等層次題中，除了模型用以進行推理的平均僅低於低層次題 0.01 分外，其他題目之平均明顯低於低層次題，合乎研究者的預期。至於高層次題則除了模型用以預測事物和現象的功能學生答題平均明顯偏低，合乎研究者及文獻的預期外 ($M=2.71$)，學生對於模型有助於產生新想法 ($M=3.18$) 及模擬事物或現象實際運作的情形 ($M=3.40$) 則都偏高，但這究竟意味著這些題目可分別歸於中等層次及低層次，抑或這些高一學生對模型功能的知識在這兩項目上有著突出的表現則還有待進一步研究的探討。

至於在建模歷程的六個項目中，學生答題平均介於 2.90~3.40，標準差則介於 0.49~0.76。其中，答題表現最好的是模型的選擇(M=3.40)，標準差亦最小；答題平均較低的則有模型效化(M=2.90)、模型分析(M=2.94)及模型調度(M=3.00)三題，且其標準差亦最大。Halloun (1996)指出在傳統的教學中，容易忽略「效化」和「調度」這兩個步驟，本研究的研究結果與之相互呼應。

二、因素分析

關於學生對模型功能的觀點進行因素分析後抽取出三個主要構念(表一)，其

分別為：「問題解決」、「瞭解所觀察的現象」及「連結和發展想法」。大致而言，第一個構念傾向於將模型視為一個公認的參考指標，藉此，學生得以解決問題、進行推理，並以之溝通彼此的想法。而第二個構念則傾向於利用模型來表徵、描述、解釋描述及預測特定的事物或現象。若將第一個和第二個構念相較，前者著重的通常是已經建立完成且具有某種程度公信力的模型，方能用以解題。而第二個構念中，模型則尚在建構中，且建構的內容須與建構的目的相呼應。至於第三個構念則與模型調度相呼應，重視模型對新想法連結及發展的助益。

表一、學生對模型功能觀點進行因素分析的結果

項 目	因素負荷量		
	問題解決	瞭解所觀察的現象	連結和發展想法
35. 我認爲模型的功能是可以用來 進行推理 。	0.825	-0.102	0.122
36. 我認爲模型的功能是可以用來 解決問題 。	0.680	0.210	0.055
33. 我認爲模型的功能是可以提供一個 參考標準 讓我遵循。	0.607	0.415	0.040
37. 我認爲模型的功能是可以用來 溝通想法 。	0.604	0.195	0.415
34. 我認爲模型的功能是可以 解釋 特定事物或現象的關係。	0.221	0.746	0.043
31. 我認爲模型的功能是可以 描述 特定的事物或現象。	0.106	0.736	-0.001
38. 我認爲模型的功能是可以 預測 事物或現象未來的發展。	-0.300	0.509	0.435
32. 我認爲模型的功能是可以提供一個 視覺的圖像 ，讓我「看見」特定的事物與現象。	0.135	0.500	0.262
40. 我認爲模型的功能是可以 產生新的想法	0.114	-0.039	0.815
39. 我認爲模型的功能是可以 模擬 事物或現象實際運作的情形。	0.221	0.249	0.733
解釋變異量(%)	21.07%	19.36%	16.53%
累積解釋變異量(%)	21.07%	40.43%	56.95%

伍、結論與建議

有關學生對於模型本質或建模歷程的瞭解，一直以來，科教研究者多以晤談的方式進行，耗時費力。故此，本研究意欲設計一套可行的評量工具，從認知/方法論的向度瞭解學生對模型功能及建模歷程的知識。研究初步探究之結果顯示所設計的李克式量表具有不錯的信效度。在瞭解學生對模型功能的知識方面，除了「產生新想法」及「模擬事物或現象運作情形」兩項目，學生的表現高於研究者及文獻的預期外，其他部分則大致與研究者根據文獻探討所整理出的分層一致，而能區分出學生對模型功能知識的層次。若進一步大規模施測建立常模，此份評量工具將能進一步擬定可信的指標，而有助於教師及研究者快速瞭解學生對於模型功能的知識，並進一步改進教學與課程設計。至於建模歷程的部分，本研究之結果與 Halloun (1996)的研究結果相呼應，皆顯示學生缺乏模型效化及模型調度上的知識，但另一方面，不具有建模歷程的相關知識，是否亦同時意味著其在真實建模的過程中亦缺乏相當的能力？又，背景知識在建模歷程中所扮演的角色為何 (Sison & Shimura, 1998)？這部分本文尚無法回應，但本研究建議可針對本研究所歸納統整之建模歷程設計情境讓學生經歷真實建模的歷程，並比較學生建模歷程的知識與其真實表現的結果。

綜上所述，本研究提出將所設計之

評量工具進一步發展成指標，以及比較學生建模知識及真實建模能力之間的關係，並探討背景知識在建模歷程中扮演的角色等建議，而這些研究工作，本研究業已如火如荼地進行中。藉此相信我們將能更清楚建模知識及建模能力在建模教學及歷程中所扮演的角色，而能更有效協助學生以建模的方式學習科學、體驗科學。

陸、致謝

本研究感謝國科會研究計畫 NSC 95-2511-S-003 -024 -MY2 經費補助。過程中，本研究團隊李賢哲教授、吳明珠教授、周金城教授及張淑女教授對試題設計多次討論、給予寶貴建議，此外，劉俊庚老師協助研究施測，在此亦一併致謝。

柒、參考文獻

- Clement, J. (1989). *Learning via model construction and criticism*. In G. Glover, R. Ronning & C. Reynolds (Eds.), *Handbook of Creativity, Assessment, Theory and Research*. New York: Plenum.
- Gilbert, J. K. (1993). *Models and Modeling in Science Education*. Hatfield, UK: Association for Science Education.
- Gilbert, S.W. (1991). Model building and definition of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 73-79.
- Grosslight, L., Unger, C., Jay, E., & Smith, C. (1991). Understanding models and their use in science conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 799-822.

- Halloun, I. (1996). Schematic modeling for meaningful learning of physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(9), 1019-1041.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (1996). Secondary students' mental models of atom and molecules: Implications for teaching chemistry. *Science Education*, 80, 509-534.
- Justi, R. S. & Gilbert, J. K. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369-387.
- Leatherdale, W. H. (1974). The role of analogy, model and metaphor in science. Amsterdam: North-Holland Publishing Company.
- Sison, R. & Shimura, M. (1998). Student modeling and machine learning. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 9, 128-158.
- Van Driel, J. H. & Verloop, N. (1999). Teachers' knowledge of models and modelling in science. *International Journal of Science Education*, 21(11), 1141-1153.