

# 探究中學生對科學模型的分類 與組成本質的理解

周金城

私立弘光科技大學 通識教育中心

【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】

## 摘要

近年來相當多研究指出模型在科學教學中扮演一個重要的角色，學生需要瞭解科學模型的內容，也需要瞭解模型與建模的本質。本研究旨在發展能評估學生對於模型本質觀點的問卷，並以此問卷調查學生對於模型本質理解的情況。本研究問卷採用李克氏量表形式，針對 68 位高中生進行紙筆測驗問卷（ $\alpha = .6726$ ）。初步研究發現學生對於模型本質的迷思如下：一、在模型對應現象的關係上，有 42.8% 的學生認為模型要與對應物不可呈現扭曲對應的比例；有 52.9% 學生同意模型須完全對應特定事物的結構、性質與關係。二、在模型對應現象的呈現形式上，有 30.9% 的學生不同意模型可以是符號；21.5% 學生不同意模型可以是過程。三、在模型對應現象的變化關係上，有 8.8% 的學生認為對一個特定的現象只有一個正確的模型能給予解釋。

**關鍵詞：**模型本質、模型組成

## 壹、研究背景

在科學的解釋中，模型扮演一個重要的角色。(Van Driel & Verloop, 1999; Gilbert & Boulter, 1998a、1998b)。Franco 和 de Barros (1999)文獻分析後指出模型的概念與心智模型在科學教育中越顯重要，科學知識的主要價值在於提供我們瞭解世界的方式，而模型在科學教育中扮演著重要的角色，應加強科學教師對於模型與建模的瞭解 (Justi, 2005; Justi & van Driel, 2006)。

Justi & Driel (2005) 指出模型與建模

對科學教育的重要性在於三個部份：第一、學習科學：學生應該瞭解主要的科學與歷史模型，以及這些模型的範圍與限制。第二、學習動手做科學：應該提供機會給學生創造、表達和測試他們的模型。第三、學習科學本質：學生應該學習模型的本質和認識模型的角色，科學探索的產物-模型的建構與傳播。

Van Drie & Verloop (2002)以半結構晤談以及量表問卷方式針對 7 位教學超過 10 年的生物或化學教師資料進行分析，發現教師對於學生的模型與建模能力的觀點

是不足的。而目前有部份學者針對學生的模型概念進行問卷設計，如 Saari (2003) 發展半結構方式晤談 9 年級學生有關模型的概念，但是半結構問卷不易讓教師使用於評估學生的模型本質概念。有鑑於此，為了幫助教師能夠瞭解學生的模型概念，本研究目的在發展一個可以評估學生對科學模型分類與組成本質瞭解的測驗工具，讓科學教師未來可經由此工具來瞭解學生對於科學模型組成本質理解是否正確，並可據此加強學生對於科學模型本質上的認識。

## 貳、文獻探討

模型一詞用於科學教育不同面向，如 Greca 和 Moreira (2000) 文獻分析後區分心智模型、概念模型與建模的不同，指出心智模型是個人內化運作，概念模型是外在表徵出的結果，教學中建模歷程是幫助學生建構心智模式與瞭解被教導的概念模型的意義。

學生對模型的觀點是有其層次，如 Grossligh, Unger, Jay 和 Smith (1991) 晤談 33 位七年級學生與 22 位 11 年級學生以及四位專家對模型的看法，研究發現對模型的看法可以區分為三個層次：第一層次是模型是玩具或實體的複製。第二層次是模型是為某些目的而建構的。第三層次是建構模型是為發展或測試某些想法；建模者是為了某些目的而建構；模型可以被操作以收集相關資料。這些階層有可以區分成六個面向：

- 一、想法的角色；
- 二、符號的使用；
- 三、建模的角色；
- 四、溝通；
- 五、測試；
- 六、操作。

那麼如何一個好的模型標準是什麼呢？Mayer(1989)經過實徵性研究後分析指出一個好的模型有下列七個標準：

- 一、完整：包含系統中的基本要素；
- 二、簡明：提供給學習者適當的細節；
- 三、清晰：學習者能夠清楚的操作；
- 四、具體：以適當的形式呈現給學習者；
- 五、概念化：能清楚解釋系統是如何運作的；
- 六、正確：模型的主要部份能夠和真實對應；
- 七、審慎：能以學習者的語詞與組織方式來傳遞(Mayer,1989, P59-60)

現今的科學教學中，學習理論與定律常是優先於科學模型學習。Franco, de Barros, Colinviaux, Krapas, Queiroz, & Alves (1999) 文獻分析後發現兩種看待理論與模型之間不同的觀點，一種是 kuhn 的觀點：模型是典範建構的重要元素，另一種是 Nersessian 的觀點：模型是更優先於理論的，模型幫助理論建構。但對現今多數科學教學過程中，時常發現學習定律先於學習模型，研究建議是有必要改變這教學順序。

在模型與建模的教學上，Coll (2005) 文獻分析後也指出模型與建模能力對學生而言是重要的。Clement(2000)指出幫助學生模型的建構，應該先由學生的預設模型開始，接著經由學習的歷程一步步朝向教學欲達到的目標模型，最後是能夠達到專家認知的模型。Justi 和 Gilbert (2002a) 晤談 39 位科學教師對於建模本質的觀點後，提出學生要能學會科學模型，學生要先能瞭解下列觀點：科學家對於模型的本質觀點；教學呈現適當的現象經驗；為什麼模型被建構與為什麼要學習模型的知識；理解如何運作；目標模型和/或教學模型被建構的來源知識。因此，教師能瞭解學生對於模型本質的觀點，是模型與建模教學的第一步。

教師對於培養學生學習模型與建模的能力也需要加強，如 Van Driel, J. H. & Verloop, N.(1999)以開放式問卷形式調查 71 位物理、化學與生物的現職教師，發現教師對於模型與建模的概念知識是有限與互異的。Justi & Gilbert (2002b)晤談 39 位科學教師對於建模本質的觀點以及要求教師預測學生對建模本質的可能觀點，發現教師們能察覺到在科學學習中模型的價值，但不是他們學習有關科學本質的價值。

對於模型本身的分類，有不少學者提出不同的分類方式。Justi and Gilbert (2003) 晤談 39 位由小學到大學的現職科學教師，有關模型本質的看法，其中區分成七個部份：

一、模型是與事物的對應關係。

- 二、模型的功能。
- 三、組成模型的實體。
- 四、模型的獨特性。
- 五、模型的穩定度。
- 六、模型的預測性。
- 七、模型的建立者。

Harrison 和 Treagust (2000)文獻分析後指出模型的十種類型，包括：

- 一、比例模型；
- 二、教學類比模型；
- 三、圖像或符號模型；
- 四、數學模型；
- 五、理論模型；
- 六、地圖、圖形和表格；
- 七、概念過程模型；
- 八、模擬；
- 九、心智模型；
- 十.綜合模型。

Treagust, Chittleborough, 和 Mamiala (2002)發展學生對科學模型角色的測驗工具，使用紙筆測驗 228 位學生（69 位八年級、44 位九年級與 115 位十年級），並將 27 個測驗問題經過因素分析後區分成五大類型的問題：一、模型是多重表徵；二、模型是精確的複製；三、模型是解釋的工具；四、科學模型的使用；五、模型變化的本質。而國內學者陳瑞麟（2004）由科學哲學的觀點依科學模型的存有狀態，也提出科學模型的分類方式（如表一）。

Schwarz & White (2005)提出建模知識的種類有四個部份問題，並製成模型知識的種類表(如表二)。

表一、模型的分類（引自陳瑞麟, 2004, P.86）

模型類型	實例	存有狀態	特別的模映關係	被模映事物實例
實物模型	模型玩具、縮小橋樑、建築等等	三度空間的實體物	再現或模倣、類比	橋樑、建築、汽車等等
圖像模型	原子結構圖、DNA 的心中形像	二度空間圖案或心像	再現、類比	原子、DNA、各種人造物體等等
概念模型	概念系統、動物行為、社會學理論	概念	解釋、類比	人類或生物的行為、社會等等
數學模型	運動定律、供需定律等等 理 2 論或	數學存目	量化模擬	物體運動、自然現象、經濟現象
邏輯模型	兩集合間一般性的關係結構	集合論存目	函應或函射	各種關係性的對象系統
電腦模型	螢幕模擬駕駛、飛行	程式	模擬	飛行、駕駛、天氣種種動態事物

表二、模型知識的種類（引自 Schwarz &amp; White, 2005, P182）

## 第一、模型的本質：

1. 模型的種類與屬性—模型是什麼？
2. 多重模型—相同的事物或現象能有不同的模型嗎？
3. 模型建構的本質—模型能完全對應真實嗎？

## 第二、建模的本質與過程：

1. 建模的過程—在建模的過程涉及什麼？
2. 模型的設計與建立—模型如何被建構？
3. 模型的改變—科學家曾改變模型嗎？

## 第三、模型的評估：

1. 模型評估—是否有方法評估某個模型比另一個好？
2. 模型判準—用於評估模型判準的是什麼？

## 第四、模型的目的或用途：

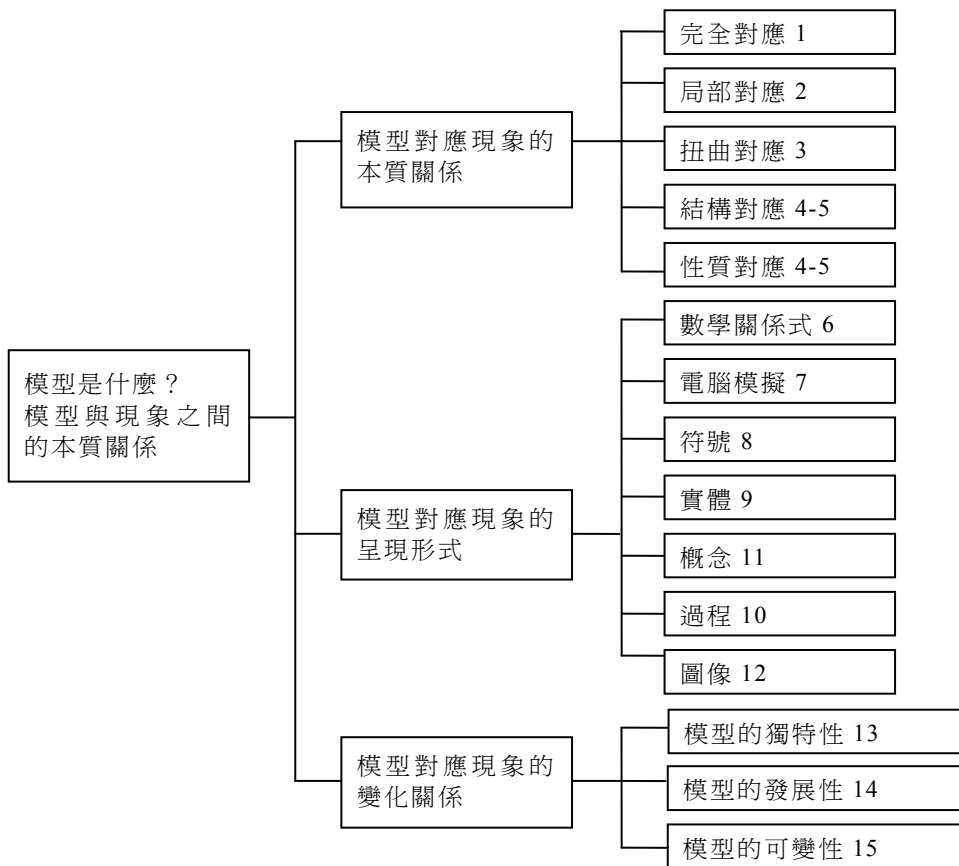
1. 模型的目的一模型用於何處？
2. 模型使用於科學或科學教室中—模型如何被科學家或科學教室中的學生來使用？
3. 多重模型的使用—對相同事件或現象有多重模型其目的為何？

經由上述的文獻探討，本研究就是針對有關模型的本質來設計問卷，並對高中生進行施測，以瞭解學生對模型本質的觀點。

### 參、研究工具

本研究問卷經由文獻資料分析後，找出模型的分類架構，經由預試修正試題，並經由五位科教專家共同討論而形成。針

對模型與現象的本質關係進行問卷設計，可區分為三個部份(如圖一):1.模型對應現象的本質關係、2.模型對應現象的呈現形式、3. 模型對應現象的變化關係。問卷內容採用李克式量表，作答選項區分成四種：非常同意、同意、不同意、非常不同意。本研究採用便利抽樣，選取台北市某公立 68 高中學生。問卷資料收集統計分析得出信度  $\alpha = .6726$ ，屬於可信賴範圍。



圖一、模型與現象關係問卷設計結構圖

## 肆、研究發現與建議

初步研究發現學生對於模型本質的迷思如下：一、在模型對應現象的關係上，有 42.8% 的學生認為模型要與對應物呈現不可呈現扭曲對應的比例，52.9% 學生認為模型須完全對應特定事物的結構、性質與關係。二、在模型對應現

象的呈現形式上，有 30.9% 的學生不認為模型可以是符號、21.5% 學生不認為模型可以是過程。三、在模型對應現象的變化關係上，僅有 8.8% 的學生認為對一個特定的現象，只有一個正確的模型能給予解釋。

請您針對「科學模型」的想法，回答以下問題	學生作答百分比（%）				
	非常同意	同意	不同意	非常不同意	未作答
1. 我認為模型可以是特定事物的 <b>複製品</b> 。	19.1	66.2	14.7	0	0
2. 我認為模型可以是特定事物的 <b>部份呈現</b> 。	33.8	63.2	2.9	0	0
3. 我認為模型可以是特定事物的特徵以 <b>不一致的比例</b> 來呈現。	19.1	38.3	33.8	8.8	0
4. 我認為模型可以只對應特定事物的 <b>結構、或性質、或關係</b> 其中之一。	23.5	51.5	19.1	1.5	4.4
5. 我認為模型須 <b>完全對應</b> 特定事物的結構、性質與關係。	17.6	29.4	50.0	2.9	0
6. 我認為模型可以用 <b>數學關係</b> 來呈現特定事物之間的關係。	19.1	63.2	16.2	1.5	0
7. 我認為模型是可以利用 <b>電腦</b> 來 <b>模擬</b> 特定事物之間的關係。	45.6	51.5	0	0	2.9
8. 我認為模型的組成可以是 <b>符號</b> 。	16.2	52.9	29.4	1.5	0
9. 我認為模型的組成可以是 <b>實體</b> 。	39.7	58.8	1.5	0	0
10. 我認為模型的組成可以是 <b>過程</b> 。	16.2	61.8	20.6	1.5	0
11. 我認為模型的組成可以是 <b>概念</b> 。	19.1	75.0	4.4	0	1.5
12. 我認為模型的組成可以是 <b>圖像</b> 。	29.4	64.7	4.4	0	0
13. 我認為對一個特定的現象， <b>只有一個</b> 正確的模型能給予解釋。	2.9	5.9	72.1	19.1	0
14. 我認為一個解釋特定現象的模型，僅是歷史發展中的 <b>多種模型</b> 其中之一。	29.4	66.2	4.4	0	0
15. 我認為模型是可以 <b>被改變</b> 。	32.4	63.2	4.4	0	0



超過學生九成的學生知道科學模型是可以改變的，並瞭解特定現象的模型，僅是歷史發展中的多種模型其中之一，顯示教科書中科學史的教學對學生發生一定的效果。

除第五題與第十三題為反向問題外，其他各題學生回答「非常同意」的比例仍然不高，顯示學生對於模型的想法作答仍存有部份的不確定性。未來仍須透過模型教學來加以改進。

本研究已初步完成模型與現象之間的本質關係的調查問卷設計，未來研究的對象可以擴大針對國小、國中到大學學生，以瞭解各階段的學生對於模型本質的理解情況，並進行分析比較。再進一步找出學生的科學學習成就、科學模型學習與模型本質的理解三者之間是否存在有顯著的關連性，則是未來研究努力的目標。

## 伍、致謝

本研究係由國科會經費補助（計畫編號：NSC 95-2511-S-241-001-MY2），與本研究團隊成員的協助，在此特致感謝。

## 柒、參考文獻

陳瑞麟(2004)：科學理論版本的結構與發展。台北市：台灣大學出版。  
Coll, R. K. (2005). The role of models/and analogies in science education: implications from research. *International Journal of Science Education*, 27(2), 83-198.

- Clement, J. (2000). Model based learning as a key research area for science education. *International Journal of Science Education*, 22(9),1041-1053.
- Franco, C. , de Barros, H. L. , Colinvaux, D., Krapas, S., Queiroz, G. & Alves, F. (1999). From scientists' and inventors' minds to some scientific and technological products: relationships between theories, models, mental models and conceptions. *International Journal of Science Education*, 21(3), 277-291.
- Gilbert, J. K., & Boulter, C. (1998a). Models in explanations, Part 1: Horses for courses? *International Journal of Science Education*, 20(1),83-97.
- Gilbert, J. K., & Boulter, C. (1998b). "Models in explanations, Part 2: Whose voice? Whose ears?" *International Journal of Science Education*, 20(2), 187-203.
- Greca, I. M. & Moreira, M. A. (2000). "Mental models, conceptual models, and modelling." *International Journal of Science Education* 22(1), 1-11.
- 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, 799-822.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011-1026.
- Justi, R. & van Driel, J. (2006). "The use of the Interconnected Model of Teacher Professional Growth for understanding the development of science teachers' knowledge on models and modelling." *Teaching and Teacher Education*, 22(4),437-450.
- Justi, R. (2005). The development of

- science teachers' knowledge on models and modelling: promoting, characterizing, and understanding the process. *International Journal of Science Education*, 27(5), 549-573.
- Justi, R. S. & Gilbert, J. K. (2002a). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369-387.
- Justi, R. S. & Gilbert, J. K. (2002b). Science teachers' knowledge about and attitudes towards the use of models and modelling in learning science. *International Journal of Science Education*, 24(12), 1273-1292.
- Justi, R. S. & Gilbert, J. K. (2003). Teachers' views on the nature of models. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1369-1386.
- Justi, R., & Driel, J. (2005). A case study of the development of a beginning chemistry teacher's knowledge about models and modeling. *Research in Science Education*, 35(2-3), 197-219.
- Mayer, R E (1989). Models for understanding. *Review of Educational Research* 59, 1, 43-64.
- Saari, H. (2003). A research-based teaching sequence for teaching the concept of modelling to seventh-grade students. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1333-1352.
- Schwarz, C. V.; & White, B. Y.(2005). Metamodeling knowledge: Developing students' understanding of scientific modeling. *Cognition and Instruction*, 23(2), 165-205.
- Treagust, D. F., Chittleborough, G., & Mamiala, T. L. (2002). Students' understanding of the role of scientific models in learning science. *International Journal of Science Education*, 24(4), 357-368
- Van Driel, J. H. & Verloop, N.(1999). Teachers' knowledge of models and modelling in Science. *International Journal of Science Education*, 21(11), 1141-1153.
- Van Driel, J. H. & Verloop, N.(2002). Experienced teachers' knowledge of teaching and learning of models and modelling in science Education. *International Journal of Science Education*, 24(12), 1255-1272.