

# 從方法論向度探討中學生對模型與建模 歷程之觀點

張志康<sup>1</sup> 林靜雯<sup>2</sup> 邱美虹<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>國立台灣師範大學 科學教育研究所

<sup>2</sup>台北市立教育大學 自然科學系

\*[mhchiu@ntnu.edu.tw](mailto:mhchiu@ntnu.edu.tw)

(投稿日期：2009年1月10日；修正日期：2009年2月10日；接受日期：2009年2月11日)

## 摘要

模型與建模是科學發展的重要元素，也是科學學習中不可或缺的認知與能力。據此，本研究從「方法論」之「模型本質」及「建模歷程」著手，其主要研究目的有三，其一為發展一套評量工具，以方法論的向度瞭解學生於「普適觀點」下模型與建模歷程的知識；其二，以「氣體粒子」模型修改「普適觀點」問卷為「科學觀點」問卷，進一步探討340名國一、國二及高一、高二學生於「普適觀點」以及「科學觀點」下模型與建模歷程的知識。最後，比較跨年級學生在「普適觀點」與「科學觀點」之間模型與建模歷程的觀點之相關性。研究結果發現：所發展的評量工具無論是普適觀點或科學觀點問卷皆具有良好的信效度。而中學生的模型與建模歷程知識之同意百分指數皆為正值，且對普適觀點的認同度均較科學觀點高出20%。此外，模型本質之普適觀點與科學觀點兩份問卷間的相關係數值呈低相關且未達顯著，意即中學生認為科學模型在模型及建模歷程中具有特殊的型態 (pattern)，與普適模型不同。

關鍵字：方法論、建模歷程、模型

## 壹、緒論

對科學教育而言，「模型 (model)」與「建模 (modeling)」是科學發展的重要元素，也是科學學習中不可或缺的認知與能力 (邱美虹, 2008)。Gilbert (1991) 認為科學就是建模的歷程，而學習科學即是學習建模的歷程，唯有學習建模才能有效促進學生的科學素養與科學概念。然而，學生對於「模型的觀點」為何？科學教育研究者又應如何界定「建模的能力」呢？在建模學習方面，雖然多數學者均認同其重要性 (Gilbert, 1991; van Driel & Verloop, 1999; 邱美虹, 2008)，但卻不甚了解學生們對「模型與建模歷程的觀點」到底為何？邱美虹 (2005, 2006) 認為：模型與建模能力的觀點應分成三個面向，即本體論、認識論與方法論，而這三面向對模型本質的詮釋，其又將之稱為「模型本質觀」。然而，目前科學學習相關的研究多集中在教學內容的分析，在科學教學相關的教學活動方面，亦鮮少明確地討論到「模型本質觀」。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，本研究從學習建模的角度切入，並從邱美虹 (2005, 2006) 所謂之「方法論」之「模型本質」及「建模歷程」著手，其主要目的有三，其一為發展一套評量工具，以協助科學教育研究者以方法論的向度瞭解中學生於「普適觀點 (domain general)」下模型與建模歷程的知識；其二，修改普適觀點的問卷為「科學觀點 (domain specific)」問卷，進一步探討跨年級中學生 (國一、國二及高一、高二) 於「普適觀點」以及「科學觀點」下模型與建模歷程的知識。最後，研究者比較跨年級學生在「普適觀點」與「科學觀點」之間模型與建模歷程的觀點是否具相關性。此待答結果將為本研究欲探究的核心所在。對此，在模型與建模歷程的延伸應用方面，倘若學生們遇到問題情境轉變後 (從普適情境轉成科學情境)，兩種情境觀點並無顯著相關，則表示他們對模型與建模歷程的觀點會因情境的不同而有所差異；反之，若兩種情境觀點間有相關，則表示他們對模型與建模歷程的觀點在不同的情境下仍為一致，藉此，將有助於科學教育工作者瞭解學生們對模型與建模歷程的觀點到底是「因科學情境而變」還是「普適的」，而能進一步在設計課程時，有效運用科學模型協助學生學習！

## 貳、文獻探討

關於模型教與學的研究，大多著重於特定模型的「內容」，亦即科學概念的部分加以探討，鮮少針對學生們在「模型功能的知識」與「建模歷程」等模型本質的議題上進行深入研究 (van Driel & Verloop, 1999)，而這正凸顯了科學教育研究者對於學生模型方法論向度研究的缺乏與迫切。是故，本研究擬先回顧這兩方面的文獻，以作為本研究評量工具設計之理論基礎。

### 一、模型功能的知識

模型是科學的主要產物，Leatherdale (1974, 引自 Gilbert, 1993) 便指出模型在科學上有七個功能，其分別為：1.簡化複雜現象，使之易於思考；2.提供更簡易的方式理解理論；3.以結構化與機械化的向度提供理論預測能力；4.強化理論的預測能力，並提供其發展的方式；5.察覺理論間的相關性，並藉此提出研究問題；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。另一方面，科學方法的主要元素之一便是模型的形成與檢驗，因此科學教育應將建模的技能納入教學與學習中（林靜雯、邱美虹，2008；邱美虹、劉俊庚，2008）。

但學生對於科學模型持有的看法為何呢？Grosslight、Unger、Jay與Smith (1991) 的研究算是比較專家與生手之間模型觀點最早的經典研究。這些研究者比較七年級、十一年級及專家對模型的觀點及建模的能力後，將模型的觀點區分成三個層級，其分別為「實體的複製」、「介於實體與抽象之間」以及「具抽象的意涵」。具抽象意涵的學生方能用模型來發展和檢驗抽象的想法，並且利用其解釋和預測現象。除了專家可達第三個等級外，七年級學生多僅止於第一個層級，而十一年級的學生則較多屬於第二個層級以及第一與第二等級的混合類型。Saari 與 Viiri (2003) 特別從文獻探討中整理比較學生對模型的看法以及學校教學中對科學模型看法的異同。其比較的結果顯示，學生認為「模型的功能」在於使物品得以被我們看見，然「科學模型」所表徵的事物通常是無法被觀察的。此外，學生亦傾向於將模型視為複製物品或事物，但實際上，科學模型並不僅僅只在於複製事物，更多時候，他們通常用以描述和預測未知事物的結構和過程。Justi與Gilbert (2003) 亦針對六至十四歲學生對科學模型的本質進

行調查。大致而言，其研究結果與Sarri與Viiri (2003) 的比較研究十分相似，皆指出學生對於模型功能的看法與日常生活中的意義緊密相關。

## 二、建模歷程

有關建模的歷程，許多研究者各自從不同的觀點加以詮釋和描繪。Hestenes (1995) 提出一個「一般性建模歷程的模型（如圖1所示）」，用以解釋在特殊情境中建構、精緻和應用新的科學模型之歷程，而所謂的情境包括了真實的世界、實驗室的實驗，或是教科書的問題。此外，Hestenes (1995) 認為建模歷程是個反覆循環的過程，第一個步驟為界定和描述物理系統中每個組成物，以及個別的現象。第二個步驟則是定義建模的目的（例如：教科書中典範問題的目標），和效化預期的結果。接著，利用上述這些步驟建立判準，藉以選擇在此特定情境中適當的理論。如此一來，便算是選擇或建立了一個模型，而此模型可以進一步持續被效化和分析，經由分析後，也才能推論出較為適當的結論。Halloun (1996) 奠基在Hestenes (1995) 的一般性建模歷程上，對物理教學的建模歷程提出詮釋以解決課本的典範問題。他認為此種建模歷程有五個步驟，其分別為1.選擇 (selection) 熟悉模型中的模型以解決問題；2.建構 (construction) 模型以確認或重製所選模型的相關成份與結構；3.效化 (validity) 模型以藉著不同形式檢驗模型的內部一致性，並判斷是否須要進一步修正；4.利用已效化的模型加以分析 (analysis)，藉以求得解答、解釋或判斷問題解決的適當性。最後是5.調度 (deployment) 模型。調度具有遷移的意味，意即利用已效化過的模型解決新情境的問題。上述這些過程並沒有階層的關係，中間三個步驟彼此重疊，某些步驟甚至是同步建構。因此，教師不應限制學生建模的步驟，而應當營造問題解決的情境，並以引導的方式，使學生逐漸發展出建模的能力。此外，Halloun 亦指出在傳統的教學歷程中，教師常忽略「效化」和「調度」這兩個步驟，若欲彌補此種教學的缺失，教師可針對「互動」和「辯證」兩過程加以加強。

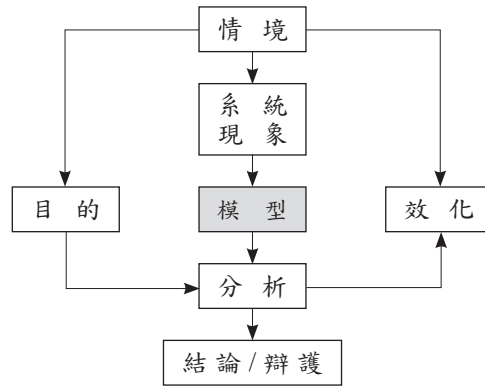


圖 1 Hestenes (1995) 所提之一般性建模歷程

另一個常被課程設計所引用的建模模型為Clement (1989) 的「建模模型的架構 (如圖2所示)」 (引自Justi & Gilbert, 2002)。此模型的建模歷程和Halloun (1996) 所提的架構並不衝突，但更清楚地把模型選擇的循環路徑表徵清楚。此外，值得一提的是在此模型中Clement (1989) 特別強調應考量模型使用的範圍和限制，如所遇之新情境超出模型的範圍，便應重新進行實驗、形成新的心智模式、新的思考實驗、新的設計檢驗，再次進行建模的循環歷程。

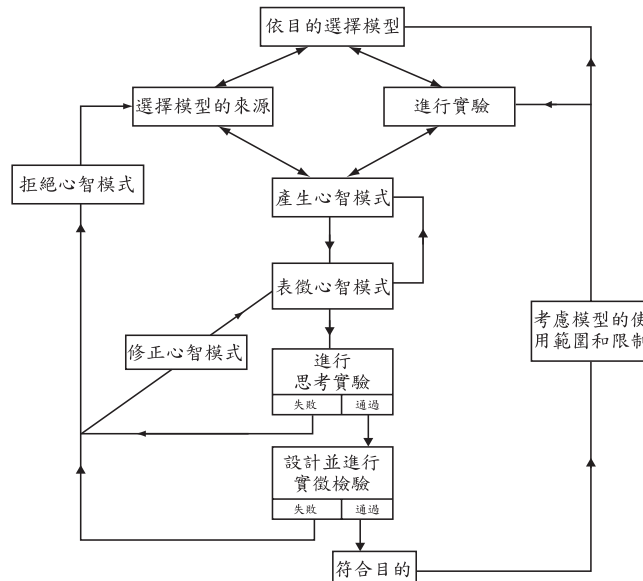


圖 2 建模模型的架構

此外，Sison與Shimura (1998) 特別指出學生建模的能力與背景知識之關連性，而Clement (1989) 和Harrison與Treagust (1996) 則認為建模歷程中，教師應與學生相互討論每個模型的表徵，並協助學生理解模型與目標領域之間的相似性、差異性及限制性，如此方能有效協助學生學習。

### 三、模型及建模歷程的觀點

在科學學習方面，為了發揮模型的功能，提升學生對建模歷程的了解是必要的；畢竟，建模的歷程同時也是科學家的主要活動之一 (Greca & Moreira, 2000)。Gilbert (1991) 認為「模型的建構 (建模)」是一種較為進階的過程技能，發展此能力是科學素養的一部份，亦可使學生了解知識是如何被人們所建構的。Schwarz 與 White (2005) 認為「建模的觀點」應包括模型的本質 (nature of models)、建模的本質或過程 (nature or process of modeling)、模型的評鑑 (evaluation of models)、模型的目的或使用 (purpose of utility of models)。因此，在前述的各項觀點中，模型的發展與模型的應用將成為建模歷程中很重要的活動 (Hestenes, 1997)。但學生究竟對於模型與建模歷程有怎樣的觀點？本研究即擬根據量化的研究工具對此加以探討。

### 參、研究方法與工具

本研究為二年期整合型計畫中的一個子計畫 (邱美虹, 2005, 2006)，主要是從「方法論」的向度設計一套評量工具以探究中學生「模型與建模歷程的觀點」【其它另有從「本體論」(周金城, 2008)以及「認識論」(吳明珠, 2008)向度來探討學生對於模型本質的知識】。評量工具共包括兩部分，其一為普適觀點的李克式量表，其目的在於瞭解學生對「模型功能及建模歷程的普適觀點」，此部分研究結果之精要內容，業已於林靜雯與邱美虹 (2008) 討論過。其二為科學觀點的李克式量表，讓學生在氣體粒子的問題情境中，反應出「模型功能及建模歷程的科學觀點」，最後比較學生們在第一部份的普適觀點結果及其於第二部分科學觀點結果的差異。

## 一、測驗工具的設計

### (一) 普適觀點的李克式量表 (普適問卷)

本研究所設計之量表為四點式李克式量表，其分為「非常同意」、「同意」、「不同意」、及「非常不同意」四個等級。其中，非常同意記為四點，同意記為三點，以此類推。使用四點量表主要乃希望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，而1~30題的部分則為科學模型本質問卷中與「認識論」和「本體論」相關的試題）。31~40題之內容與模型的功能有關（題目請參考表1），而問卷中各項模型的功能主要整理自Grosslight等 (1991) 以及 Gilbert 等一系列之研究 (例如: Gilbert, 1993; Justi & Gilbert, 2002)，其中31~33題屬於層次較低的功能，乃大部份人皆知曉而能察覺的功能，34~37屬於中等程度的功能，而38~40則屬於層次較高程度的功能。值得注意的是，這些層次的區分乃整理自不同文獻，涵蓋不同年齡、背景的受試者，且以不同的研究方法（如：晤談、問答題等紙筆測驗）獲得，因此，高、中、低層次的區分並非絕對，但可作為一簡要的對照，協助研究者比較本研究中學生對模型的觀點與文獻 (Grosslight等, 1991; Gilbert, 1993; Justi & Gilbert, 2002) 之間的異同。從41~46題則主要評量學生對建模歷程的觀點。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、效化、分析和調度等五個步驟，另外考量覺察模型的適用範圍或限制（如異例的覺察），即再重建新模型的重要性 (Clement, 1989; Harrison & Treagust, 1996)，因此研究者另外設計一個題目，藉以評量學生「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「認識論」、「本體論」和「方法論」三部分的量表，建立專家效度，修正後再經多次共同討論、校正，以及實際讓台北市松山區一所高中高一學生共68人進行小規模閱讀理解及預試後修正所得，其信度值經SPSS計算後 $\alpha$ 為.792。

### (二) 科學觀點的李克氏量表 (科學問卷)

基於「普適觀點的李克式量表 (普適問卷)」，我們將此份問卷中的16個問題逐題修改成以「氣體粒子模型」為情境的李克式四點量表，即「科學觀點

的李克氏量表（科學問卷）」。此份評量工具的修改方式舉例如下：

【普適問卷】－問題1	【科學問卷】－問題1
我認為模型可以是特定事物的複製品。	「氣體模型」可以是真實氣體的複製品。

因此，科學問卷與普適問卷同樣都有16個問題；文字敘述的部份因考量學生的易讀性，僅對普適問卷的題目做了微幅的修飾。而其記分方式亦與普適問卷的記分方式相同，統計「學生在問卷中各題所得的平均分數」，以進行分析。此外，研究者針對臺北縣市340位國一、國二及高一、高二學生的問卷結果，以SPSS分析測驗分數的信度，發現科學問卷的Cronbach 為0.903，具有相當程度的內在一致性。

## 二、研究對象與施測時間

本研究之研究對象選取分為兩階段：其一為發展普適問卷時參與研究的高一學生，另一則為修改普適問卷為科學問卷後，進一步施測加以進行相關性比較的跨年級學生。茲將兩階段研究對象分述如下：

### （一）第一階段：普適問卷的發展

本研究施測對象為台北市某中學高一學生，該校高一學生為常態分班，研究者從中隨機挑選兩班共68人進行施測，其中男生與女生各34人。施測時間為2007年10月。

### （二）第二階段：普適問卷與科學問卷之相關性

本研究選擇臺北縣市某兩所中學，國中部一、二年級各抽樣三個班，每班約25~30名，每個年段約85名學生；高中部一、二年級各抽樣兩個班，每班約40~45名，每個年段約85名學生；樣本總數共計340名。並於2008年1月全數進行「普適問卷」的施測，為了避免時近效應的干擾，所以選在半年後的2008年7月，針對同樣的兩所中學，以同樣的樣本數重新抽樣，進行「科學問卷」的施測。



### 三、資料分析

有關資料分析，分成「普適問卷之發展」以及「跨年級普適問卷與科學問卷之相關性分析」，詳細內容則分述如下。

#### （一）普適問卷之發展

本研究針對普適問卷的部分，進行兩項分析。其一乃針對問卷量表中各試題逐一進行平均數及標準差之描述性統計，藉以瞭解學生對模型功能與建模歷程的觀點；另一乃針對31~40題有關模型功能的部分以主成分分析加以直交轉軸法進行因素分析，藉以探索此問卷之潛在結構，找出問卷之主要構念。

#### （二）跨年級普適問卷與科學問卷之相關性分析

本研究中，由於兩份評量工具的信度值夠大、夠穩定，因此，研究者將李克氏量表的分數假定為「等距變數」（邱皓政，2009），利用SPSS統計軟體之「Pearson相關」，計算兩群背景年齡相近的學生在回答普適問卷與科學問卷後，兩份問卷間「學生對模型與建模歷程觀點」的相關程度。另外，再針對跨年級學生（國一、國二、高一、高二）的觀點作橫斷式分析，找出不同年級學生對於「模型與建模歷程觀點」的相關程度有何差異，並對整體樣本進行比較推論。

## 肆、研究結果

### 一、普適觀點下模型與建模歷程量表的發展結果（普適問卷的發展結果）

有關普適觀點下模型與建模歷程量表的發展之研究結果，研究者業已發表於科學教育月刊（林靜雯、邱美虹，2008），在此簡要說明，希望有助於讀者瞭解第二階段跨年級中學生的模型與建模歷程觀點在普適與科學問卷間的分析結果。

#### （一）描述性統計

此研究採用方法論之李克式量表，共計16題，可分為「模型功能」與「建模歷程」兩個部分來進行討論。

在「模型功能」部分，參考原試題設計主要參考文獻探討處之文獻為區分依據，大致分成高、中、低三種層次。研究結果顯示學生在高層次題（38~40題）之答題平均值落於2.71~3.40。中層次題（34~37題）之平均值落於3.07~3.21，而低層次題（31~33題）上，學生之平均值介於3.22~3.31。由上述得知，高一學生在模型的低層次題上獲得較高的平均值，代表較多受測學生認同模型用以「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」的功能最獲學生認同 ( $M=3.31$ )。其次，在中等層次題中，除了模型用以「進行推理」外，其他題目之平均值則明顯低於低層次題，此結果符合研究者之預期。至於高層次題，學生除了在模型用以「預測事物和現象」的功能之答題表現，其平均值明顯偏低 ( $M=2.71$ ) 與研究者及文獻的預期相符外，學生對於模型能「產生新想法」的助益 ( $M=3.18$ ) 及「模擬事物或現象實際運作」的情形 ( $M=3.40$ ) 則皆高於研究者之預期。然而，此研究結果意味著這些題目應分別歸於中等層次及低層次，抑或這群高一學生對模型功能的知識在此兩項目上有著突出的表現則還有待進一步研究的探討。

另在「建模歷程」的部分，共六個項目 (41~46題)，學生的答題平均值介於2.90~3.40，標準差則介於0.49~0.76。其中，學生在「模型選擇」( $M=3.40$ ) 上的答題表現最好，標準差亦最小；而在「模型效化」( $M=2.90$ )、「模型分析」( $M=2.94$ ) 及「模型調度」( $M=3.00$ ) 三題的表現上，答題平均值較低，且其標準差亦最大。此研究結果與 Halloun (1996) 提及傳統的教學中，教師易忽略「效化」和「調度」這兩個步驟相互呼應。

整體而言，學生在此量表上之表現，整體答題平均值介於2.71~3.40之間，標準差則介於0.49~0.76之間。

## (二) 因素分析

研究者針對學生在模型功能的觀點上進行因素分析，並從中萃取出三個主要構念。分別為「問題解決」、「瞭解所觀察的現象」，以及「連結和發展想法」（如表1所示）。此三個主要構念所代表之意義分述如下：構念一（問題解決），代表學生傾向於將模型視為一個公認的參考指標，並藉此指標解決問題、進行推理、溝通彼此的想法；構念二（瞭解所觀察的現象），代表學生所持有的模型則不一定具有公信力，而是一種正在建構中的模型，且此種建構的內容常與建構的目的相呼應；而構念三（連結和發展想法），則與模型的調度與遷移相呼應，代表著學生重視模型對新想法連結及發展。

表 1 學生對模型功能觀點進行因素分析的結果（林靜雯、邱美虹，2008）

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.我認為模型的功能是可以用來進行推理。	0.825	-0.102	0.122
36.我認為模型的功能是可以用來解決問題。	0.680	0.210	0.055
33.我認為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.我認為模型的功能是可以用來溝通想法。	0.604	0.195	0.415
34.我認為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.我認為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.我認為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.我認為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.我認為模型的功能是可以產生新的想法	0.114	-0.039	0.815
39.我認為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%

### （三）小結

總結普適問卷的發展結果可知：1.在31~40題中，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，基於這十個問題，便可清楚確立學生對於模型的觀點停留在哪些層次、進行有效的分析；2.在41~46題中，學生答題表現最好的是模型選擇，而答題平均較低的則有模型效化、模型分析及模型調度等問題，從這樣的結果，亦可間接呼應 Halloun (1996) 的想法，有效探討學生對建模歷程的觀點。

## 二、跨年級中學生的模型與建模歷程觀點在普適與科學問卷的平均得分情況

研究者在回收680份跨年級學生的問卷資料後（普適問卷與科學問卷各340份），計算31~46題的平均分數，並將兩份問卷的答題結果統計成下表2。從表2中可知：（1）所有欄位的分數均在2.5以上，亦即各個年級的學生對於普適

與科學情境的問卷均持正面同意的看法；（2）普適問卷在各個年級、各個面向（模型功能與建模歷程）的平均得分均比科學問卷高了0.4以上。因此，中學生對於模型與建模歷程的觀點多持正面肯定的看法，尤其是在回答普適問卷時更是如此。

表 2 全體樣本在普適與科學問卷的平均得分情況

	國一	國二	高一	高二	全體樣本
普適問卷	3.63	3.60	3.35	3.43	3.50
科學問卷	3.10	2.84	2.94	3.00	2.97

為了讓跨年級中學生在兩份問卷間的反應能更清楚的表現，我們將表2中的「平均得分轉成同意百分指數」，亦即「同意百分指數 = (得分 - 2.5) ÷ 1.5 × 100」，然後再將表2繪製成圖3的長條圖，以利判讀這兩份問卷的答題結果。圖3顯示：（1）跨年級中學生對於普適問卷的同意百分指數均大於50，亦即中學生們非常同意普適模型的功能；（2）跨年級中學生對於科學問卷的同意百分指數均低於50，亦即中學生們雖然同意科學模型的功能，但卻不及普適模型的認同度；（3）國二學生對於兩份問卷的認同度差異最大，高一學生對於兩份問卷的認同度差異最小。

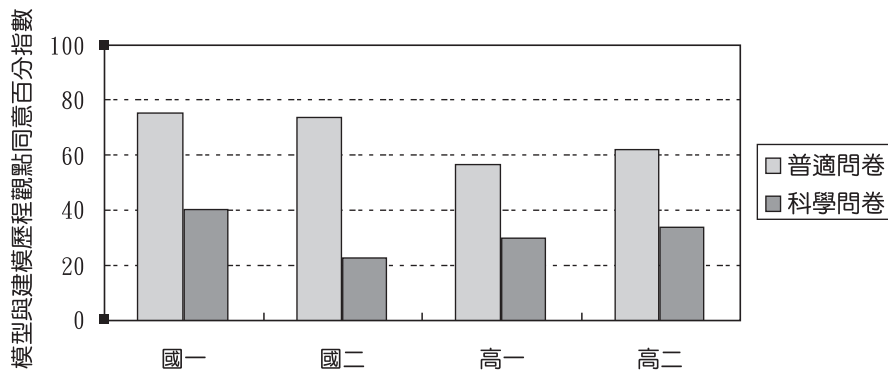


圖 3 跨年級學生對兩份問卷的同意百分指數

### 三、跨年級中學生的模型與建模歷程觀點在普適與科學問卷間的相關性

研究者利用SPSS統計軟體，計算跨年級中學生在回答普適問卷與科學問卷間的相關係數 (Pearson correlation coefficient)，統計結果如表3所示。從表3中我們可知，無論是那個年級，學生對於模型與建模歷程的觀點，在普適問卷與科學問卷間，其相關係數值皆呈現低相關且未達顯著 ( $p > .05$ )；亦即學生在不同的問題情境下，對於普適與科學模型之間的觀點並不具明顯的相關性。

表 3 普適與科學問卷間各面向的相關值

樣本數(N=340)		普適科學問	樣本數(N=340)	普適科學問	
	全體樣本	.044	全體樣本	.421	
相關係數 Correlation Coefficient	國一	-.130	顯著值Sig. (2-tailed)	國一	.289
	國二	.077		國二	.510
	高一	.011		高一	.929
	高二	.039		高二	.735

至於跨年級中學生方法論向度的模型與建模歷程觀點，在普適與科學問卷間的相關係數值，其橫斷分析的結果如圖4所示。從圖4中我們可知：（1）國一學生在兩份問卷中的相關值為「負低相關 ( $R=-0.13$ )」；意即低年級學生無法將普適模型與科學模型類比在一起，反而在不同情境間的觀點產生了極大的差異。例如：某些學生非常同意（4分）模型可以是特定事物的複製品，但卻非常不同意（1分）氣體模型可以是真實氣體的複製品，因而造成負低相關的情形。（2）國二以後的高年級生在兩份問卷中的相關值都在0.01~0.04左右，呈現「正低相關 ( $R=+0.011, +0.039$ )」，趨近於零；意即國二以上的學生並不全然把普適模型與科學模型類比在一起，在某些特殊問題情境下產生了不同的觀點。例如：某些學生非常同意（4分）模型可以是特定事物的複製品，但卻僅僅同意（3分）氣體模型可以是真實氣體的複製品，因而造成正低相關的情形。然而，為何產生趨近於零的情況，仍尚待進一步的分析推論與驗證。

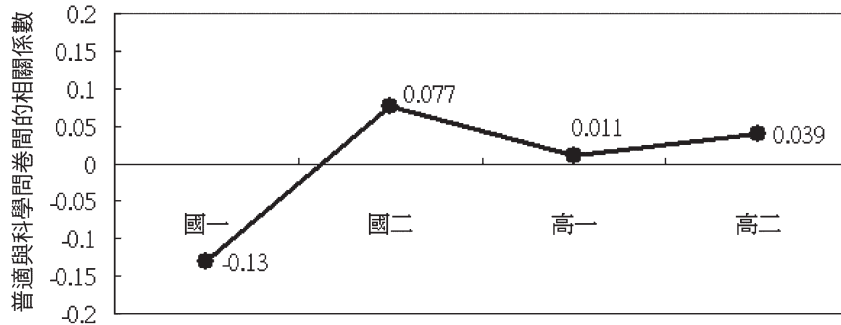


圖 4 跨年級中學生在普適與科學問卷間的相關係數折線圖

## 伍、結論與討論

### 一、普適問卷工具的開發

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「方法論」的向度瞭解學生對模型功能及建模歷程的觀點。研究結果顯示，本研究所設計的李克式量表之 Cronbach  $\alpha$  均在.8以上，且因素分析所抽取的因子均與研究構念相符。在瞭解學生對模型功能的觀點方面，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。再經本研究第二階段340位中學生的施測後，此份評量工具已經大樣本的信度考驗 (Cronbach  $\alpha=0.837$ )，從研究結果中，亦可幫助教師及研究者瞭解學生對於模型功能的知識，並期許本研究能進一步改進教學與課程設計。

至於建模歷程的部分，本研究的結果與 Halloun (1996) 的研究結果相呼應，皆顯示學生們缺乏模型效化與模型調度的觀點，但另一方面，不具有建模歷程的觀點，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。

總而言之，本研究所設計的評量工具已兼具信效度的指標，若能進一步運用此工具比較學生建模知識及真實建模能力之間的關係，將能更清楚了解建模知識及建模能力在建模教學及歷程中所扮演的角色，進而更有效地協助學生以建模的方式學習科學、體驗科學。

## 二、跨年級中學生對普適問卷與科學問卷之相關性分析

從前述的研究結果可知：（1）中學生持有「模型具有多重功能」的觀點，可用在普適或科學情境，對「建模歷程（41~46題）」的看法亦持有正面肯定的態度，尤其在普適問卷的答題結果中更是明顯。（2）普適問卷與科學問卷間各年級的相關係數值均未達顯著，因此，兩份問卷間無明顯的相關性；換言之，中學生對於普適模型的觀點並不影響他們對於科學模型的觀點。由於兩種觀點不會相互影響，所以學生在認同普適模型功能的同時，對於科學模型的特殊型態（如模型的特定性或限制性），亦可接受科學模型在特殊問題情境的功能。然而，針對此部分的研究結果，兩份回收問卷的樣本雖然取自相同的學校、常態分班的同年級生，但研究者亦對此研究結果的推論是否會因兩份樣本的不同而有所保留，故目前已進行同一批學生的資料蒐集，以便進一步確認研究的可信度。（3）圖4的相關係數折線圖，在跨年級的繪圖結果中呈現負值(-0.13)、到正值(+0.077)、再趨於零(0.011~0.039)相關的情形，此結果顯示國一學生對於普適模型與科學模型兩種不同情境的觀點有極大的差異；而國二以上的學生對於兩種不同情境的觀點隨著年級的增長，其相關係數值有漸趨於零的情況。若欲進一步思考此結果，研究者推測可能與學生們國一的自然課僅學習生物的概念，而到了國二之後才學習理化及氣體粒子的相關概念有關，但此推測仍須進一步設計實驗加以驗證。

值得一提的是，本研究藉由「模型與建模能力之理論架構（邱美虹，2008）」，開發出具有良好信效度的「模型與建模歷程觀點李克氏量表問卷」，試圖探討中學生對普適問卷與科學問卷的答題反應。研究結果發現，中學生對於不同情境的問題，其模型的觀點將產生不同的看法（普適與科學觀點間無顯著相關），因此，學生們在面臨不同問題情境時將選用不一致的觀點去思考問題。有鑑於此，由於學生們對於科學問卷仍持正面的觀點，建議教師應明確指出科學模型適用的條件，透過科學模型來教導科學的知識，使學生們能認識並運用其功能；在學習過程中，由於學生們認為普適與科學觀點間無相

關，所以較不易被個人生活的普適經驗而干擾其科學學習，這樣的結果與一般科學概念的學習研究結果不同，值得進一步探討。

## 致謝

本研究承蒙行政院國家科學委員會經費補助 (NSC 95-2511-S-003 -025 -MY2)，在此致謝。

## 參考文獻

- 吳明珠 (2008)。科學模型本質剖析：認識論面向初探。**科學教育月刊**，**306**，2-8。(轉載自論文發表於中華民國科學教育學術研討會，2007，高雄：國立高雄師範大學)。
- 周金城 (2008)。探究中學生對科學模型的分類與組成本質的理解。**科學教育月刊**，**306**，10-17。(轉載自論文發表於中華民國科學教育學術研討會，2007，高雄：國立高雄師範大學)。
- 林靜雯、邱美虹 (2008)。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。**科學教育月刊**，**307**，9-14。(轉載自論文發表於中華民國科學教育學術研討會，2007，高雄：國立高雄師範大學)。
- 邱美虹 (2005，2006)。以認知師徒制探討建模能力與歷程對學生學習物質科學中「氧化與還原」之影響。行政院國家科學委員會計畫。
- 邱美虹 (2008)。模型與建模能力之理論架構。**科學教育月刊**，**306**，2-9。(轉載自論文發表於中華民國科學教育學術研討會，2007，高雄：國立高雄師範大學)。
- 邱美虹、劉俊庚 (2008)。從科學學習的觀點探討模型與建模能力。**科學教育月刊**，**314**，2-20。
- 邱皓政 (2009)。量化研究與統計分析-SPSS中文視窗版資料分析範例解析。台北市：五南。



- 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 a definition of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(1), 73-79.
- 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(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.
- Hestenes, D. (1995). Modeling software for learning and doing physics. In C. Bernardini, C. Tarsitani, & M. Vincentini (Eds.), *Thinking physics for teaching*. (pp. 25-66). New York: Plenum.
- Hestenes, D. (1997). Modeling Methodology for Physics Teachers. In E. Redish & J. Rigden (Eds.), *The changing role of the physics department in modern universities, Part II*. (pp. 935-957). Washington, D. C.: American Institute of Physics.
- 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.
- Justi, R. S., & Gilbert, J. K. (2003). Teachers' view on the nature of models.

*International Journal of Science Education*, 25(11), 1369-1386.

Leatherdale, W. H. (1974). *The role of analogy, model and metaphor in science*. Amsterdam: North-Holland Publishing Company Press.

Saari, H., & Viiri, J. (2003). A research-based teaching sequence for teaching the concept of modeling 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 & Instruction*, 23(2), 165-205.

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 modeling in science. *International Journal of Science Education*, 21(11), 1141-1153.

# Exploring High School Students' Viewpoints about Model and Modeling Processes via the Perspective of Methodology

Chih-Kang Chang<sup>1</sup> Jing-Wen Lin<sup>2</sup> Mei-Hung Chiu<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Graduate Institute of Science Education, National Taiwan Normal University

<sup>2</sup> Department of Natural Science, Taipei Municipal University of Education

\*[mhchiu@ntnu.edu.tw](mailto:mhchiu@ntnu.edu.tw)

## Abstract

Model and modeling are the important elements in science development, they are essential for the cognition and ability in science learning as well. Accordingly, this study explores students' viewpoints about the nature of model and modeling processes from the perspective of methodology. The aims of this study are three. First, we develop an evaluation instrument to understand students' knowledge about model and modeling processes in "domain general". Second, we adopt "gas particles" model as an example to modify domain general questionnaire to domain specific one. And then, we explore 340 7<sup>th</sup>, 8<sup>th</sup>, 10<sup>th</sup> and 11<sup>th</sup> graders' knowledge of model and modeling processes in domain general and domain specific. Finally, we compare the correlation of students' knowledge about model and modeling processes between domain general and domain specific. The research results find : both domain general and domain specific evaluation instruments about model and model processes are good in reliability and validity. Besides, the agreement percentages about model and model processes are positive, and the agreement percentages in domain general are 20% higher than in domain specific. Eventually, the correlation between two questionnaires is low and not significant, that is, science models have special and unique meaning in the nature of model and modeling processes for high school students.

Keywords : methodology, modeling processes, model