
設計研究法簡介及其在教育研究的應用範例

翁穎哲^{1*} 譚克平²

¹臺北市私立衛理女子高級中學

²國立臺灣師範大學 科學教育研究所

壹、前言

一、教育研究的理論與實務之爭議

從教育研究的歷史來看，早期的教育研究受傳統實驗心理學的影響很大 (Brown, 1992; Collins, 1999)。其影響之一為教育研究者傾向於考量單一變項對教學成效的影響，並在控制的教學環境下設計實驗，進而建立理論。可是，學校教師常認為這樣的研究忽略教室學習中複雜的情境脈絡，所建立的理論無法解決實務問題 (Collins, 1999; The Design-Based Research Collective, 2003)。由此衍生的議題為，教育研究是要在控制的環境下操弄變項以建立理論，還是要在實際複雜的環境中進行以解決實務問題，抑或是要兩者兼顧 (National Research Council, [NRC], 2002)？

如果教育研究的目的在發展理論，理論的發展需要依循一套符合科學判準的程序以釐清不同變項之間的交互作用，如果依照傳統實驗心理學所建立的研究典範，這需要在控制的環境下進行。可是，將這些理論的結果實際應用到學生在教室的學習時，需要面對生態效度 (ecological validity) 的問題。

反過來說，如果教育研究是為了解決實務問題，那麼，在實際的情境中探討問題的成因和提出解決方案，並在這個環境中測試此方案是否可行，將是解決問題中一個必要的環節。可是，實際的教育環境非常複雜，不同的因素之間有交互作用，並牽涉倫理層面和人際問題 (NRC, 2002)，這使得在實際的教學環境進行實驗研究有其困難，而且，在未經控制的環境所進行的研究容易遭致各項質疑，包括研究方法是否符合科學原則？所建立的解決方案是否具有理論基礎？不具理論基礎的解決方案，是否亦能應用到其他的實務情境？這讓教育研究陷入了究竟要發展理論還是解決實際問題的兩難。

二、兼顧理論與實務的設計研究法

為了兼顧理論與實務，並符合科學的研究精神，Brown (1992) 擷取設計科學 (design science) 的觀念，發展一套新的教育研究方法，稱為設計實驗法 (design experiment)。設計科學是一些研究領域的通稱，包括了臨床醫學、護理、建築、管理等領域，這些領域的研究成果都包括一項產品，產品的設計目的在解決特定問題 (Zaritsky, Kelly, Flowers, Rogers, & O'Neill, 2003)，而在 H. A. Simon (1981)

* 為本文通訊作者

所寫的設計科學的經典著作《人工科學》(*The Sciences of the Artificial*)一書中，將教育研究歸類在設計科學的範疇。

教育研究是一個跨學門的領域，許多的教育研究成果是一套課程、一種教學方案、或是一套教學環境設計。Brown(1992)認為應該將教育研究視為一個設計，教育研究的目的是發展出可以應用在實務的理論，並依此理論設計教學方案，進而改進教學。之後，Collins(1992)、Hawkins(Hawkins & Collins, 1992)等人提倡採用這種方法來進行教育研究。Collins(1992)認為設計教育產品時要考量許多複雜的因素，這個考量就好像在一個包含許多因素的設計空間(the space of designs)裏思考不同變項對設計成效的影響。藉由設計研究法，研究者能夠以較少的實驗來系統地探討設計空間，並將研究結果應用在複雜的實務環境。

1999年一群來自心理學、認知科學、人類學、生物學、教學設計等領域的研究者為了推廣設計實驗，組成「以設計為基礎的社群」(The Design-Based Research Collective)，提倡在不同的研究領域中以設計實驗法來進行研究(Kelly, 2003)。Kolodner(2001)認為在研究有關真實世界情境下的學習時，最令人喜愛的研究方法是設計研究法。教育領域相當重要的期刊《教育研究者》(*Educational Researcher*)和《學習科學期刊》(*The Journal of The Learning Sciences*)都曾多次刊載與設計研究法有關的論文，例如，《教育研究者》在

2003年32卷第1期中以一整期的篇幅討論設計研究法；《學習科學期刊》在近10年來，將方法論視為該期刊的一個核心主題(Kolodner, 2001)。

這個研究方法在不同的教育文獻中有不同的名稱。最初，Brown稱此研究方法為設計實驗法(design experiment)，許多研究者沿用此名稱(Bannan-Ritland, 2003; Brown, 1992; Cobb, Confrey, diSessa, Lehrer, & Schauble, 2003; Collins, 1992; Lobato, 2003; McCandliss, Kalchman, & Bryant, 2003; Shavelson, Phillips, Towne, & Feuer, 2003; Sloane & Gorard, 2003)。可是，以設計為基礎的社群(The Design-Based Research Collective, 2003)認為這個名稱容易與實驗設計法(experimental design)混淆，故將名稱改為以設計為基礎的研究(design-based research)(Dede, 2004; The Design-Based Research Collective, 2003)。也有研究者稱之為設計研究法(design research)(Bannan-Ritland, 2003; Cobb, 2001; Kelly, 2003)。由於這種研究方法的理念在視教育研究為一項設計(Kelly, 2003)，本文將統一以「設計研究法」(design research)來稱呼這種研究方法。

貳、設計研究法的特點

設計研究法要求教育研究必須在實際的教學環境中進行研究，藉以了解學生如何學習，並建立教學理論，以及設計可以用來改善教學實務的產品。以下將分別

從研究目的、研究場景、與研究焦點介紹設計研究法的特點。

一、研究目的：建立理論、設計產品、改善實務

設計研究法的研究目的，包括了建立理論、設計產品和改善實務這三個層面（Cobb et al., 2003; Shavelson et al., 2003; The Design-Based Research Collective, 2003）。

理論是促成進步的核心（diSessa & Cobb, 2004），而建立理論是設計研究法的主要目的（Barab & Squire, 2004; Cobb et al., 2003; Collins, Joseph, & Bielaczyc, 2004; diSessa & Cobb, 2004; The Design-Based Research Collective, 2003），所發展的理论必須能描述、說明、或解釋實際教育情境下的學習本質（Barab & Squire, 2004; Edelson, 2002）。產品的設計是發展理論的策略（Edelson, 2002），這是藉由對產品的目的和成效與所對應的理論基礎不斷進行系統化的檢驗與修正，使得理論能超越特定環境脈絡的限制，最終產生一組特定的理論構念（a particular set of theoretical constructs）。例如，White 和 Frederiksen 用設計研究法建立一個能夠說明學生在教室的科學探究學習與互動的教學理論（White & Frederiksen, 1998）。

設計研究法的成果包括一項設計產品，這項產品是依據理論所設計的物件，能夠用來改善教學實務。所設計的產品可能是一項教學軟體（Bannan-Ritland, 2003;

Edelson, 2002; Edelson, Gordin, & Pea, 1999; Hickey, Kindfield, Horwitz, & Christie, 1999; White & Frederiksen, 1998）、一套課程或教學方案（Cobb, Stephan, McClain, & Gravemeijer, 2001; Cognition & Technology Group at Vanderbilt, 1997）、或是一組教學環境設計（Brown & Campione, 1994, 1996; Edelson, 2001）。

建立理論與設計產品是為了改善教學實務，幫助教師教學與提昇學生的學習成效。教師對於教學的問題與學生所面臨的學習困難有切身的體會，而研究者能夠從理論基礎探討如何解決這些實務問題，設計研究連結了教育研究者與實務教師，促成兩者的合作，進而改善教育實務（Edelson, 2002）。

二、研究場景：實際教學環境

為了讓研究結果能有效解決實際教學問題、提升學習成效，並擴大研究的生態效度，設計研究法強調在實際教學環境進行理論檢驗與產品測試的重要性（Brown, 1992; Collins, 1999; Edelson, 2002; Kolodner, 2001; The Design-Based Research Collective, 2003）。

早期的教育研究常被教師認為太過理論，無法解決實際教學所遭遇的問題，其原因可能為研究是在控制的環境下考量單一因素對學習的影響，這與複雜的教室學習有很大的差異，使得所作的研究不是與教師實際的需求差距過大，就是所得的

結論是教師依經驗就能知道的 (Collins, 1999)。實際的教育系統非常複雜，具有開放、複雜、非線性、有機與歷史等特徵 (Kelly, 2003)，包含豐富的脈絡。教室是一個開放的環境，不同因素會互相影響，這使得要在教室進行嚴格的變項控制並不容易。況且，在還不了解環境中脈絡因素之間的關係就進行隨機抽樣或變項控制是沒有意義的 (Brown, 1992; Collins, 1999; The Design-Based Research Collective, 2003)。因此，設計研究法提倡在研究有關教師教學與學生學習的問題時，宜在一個蘊含豐富脈絡的社會環境下，從生態觀點來探討不同的脈絡因素是如何互相影響的 (Cobb et al., 2003; Shavelson et al., 2003)。

要注意的是，設計研究法並非完全排除在控制的環境下進行研究，在某些研究中，研究者可以先在控制的環境中進行小規模的測試，依據初步的測試結果來修改或建立理論，之後，以這個理論為基礎，在更複雜的場景中擴大測試的範圍，藉以修正理論，最後要在實際的教學環境下確認所建立理論的效度與產品的成效。例如，Brown & Campione (1994, 1996) 在「促進學習者的社群」(Fostering Communities of Learners) 中研究相互教學 (reciprocal teaching) 時，Brown 和 Campione 先在控制的實驗室觀察學習者如何互動並以此修正理論後，再逐漸增加學習活動的難度與複雜度，以擴大研究的規模，最後在教室中研究學生的學習。

三、研究焦點：過程

設計研究法的焦點是學習過程 (Shavelson et al., 2003; The Design-Based Research Collective, 2003)，主要是分析在教學產品的介入下，學習者如何與教學產品互動，使用教學產品是否能改善學習成效 (Collins et al., 2004)。研究者必須完整且系統的記錄理論與產品的修正歷程與執行成效 (Edelson, 2002)，這包括詳盡描述學生的背景、學習的歷程、教師與研究者的角色、教學環境、教學時間與教學方式、學生的反應等。

例如，Cobb、Stephan、McClain 和 Gravemeijer 等人 (2001) 用設計研究法設計一個一年級直線測量 (linear measurement) 的教學單元，研究焦點是學生推理歷程的改變。單元教學目標有兩點，分別是讓學生利用工具來學習距離測量的概念，以及促進學生自治 (autonomy) 能力的成長。其中，有關學生推理能力改變的一項指標，是觀察學生在面臨需要進行數學論證的情境時，是否能對本身的看法加以說明、解釋、舉例或澄清，而非直接求助教科書或教師等權威。教學活動進行時，教師和研究人員可以介入學生的活動，這包括提出問題、建議解題策略，或要求學生說明推理歷程。最後，根據學生解決問題時推理歷程的差異以及學習成效，發展出各種與學習有關的理論猜想，再依此設計後續的教學活動。

在設計研究法進行的過程中，研究者會不斷提出與研究問題有關的猜想，並會

不斷修正這些猜想。例如，Cobb 等人（2001）在探討學生的自治能力成長時，最初猜想學生在學習過程所表現的自治意涵與個人特質有關，但是，在觀察師生互動後，他們修正了自治的意義，從「與個人特質有關」修正為「與學生參與社群的方式有關」，這是指學生逐漸參與教室中的數學實務（classroom mathematical practice），包括進行與學習觀念有關的推論、論證，或將數學觀念符號化的過程，代表自治能力的成長。

從上述的介紹可知，設計研究法的研究目的包括建立理論、發展設計、改善實務三個層面，研究場景強調在實務教學情境進行研究的重要性，研究焦點在學生的學習的過程。這是一種形成性的研究（formative research）（Edelson, 2002），其過程是在理論的基礎下設計產品，在實際的教學中以此產品來協助教學，並分析學習成效，每一個分析結果都會修正既有的理論，並以此修改先前的產品設計，之後再次檢驗此產品在改善學習的成效，如此逐漸修正理論與產品（Bannan-Ritland, 2003; Cobb et al., 2003; Edelson, 2002; Shavelson et al., 2003; The Design-Based Research Collective, 2003）。現將本節要點整理如表 1。

參、設計流程與工作要點

有關設計研究法的設計流程與工作要點，在比較 Cobb（Cobb, 2001; Cobb et al., 2003）、Bannan-Ritland（2003）、Collins

（Collins et al., 2004）等人針對設計研究法的步驟或指導原則所作的說明後，本文將設計流程歸納為四個階段，分別是準備、執行、評鑑、推廣，其中，從準備階段到執行階段可以反覆循環（圖 1）。準備階段是指從建立理論基礎到產生設計原型（design prototype）的過程；執行階段是指將設計原型在研究場景中進行測試，並且進行資料分析；評鑑階段是指在收集所有的資料後，進行回溯分析以檢視整個研究過程；推廣階段則是將設計產品推廣到教育界。設計研究法的設計流程與工作要點見表 2，以下將依序介紹。

一、準備階段

在準備階段，研究者要針對某個教學實務問題，尋找有關的理論基礎。建立理論基礎的方式有三種：直接引用理論、修改現有理論，或是進行文獻探討自行建立理論。之後，要釐清理論、設計、實務三者之間的關係，由此產生設計原則；再根據理論、問題、研究對象和學科內容之間的關係，形成可能的猜想並產生設計原型（Bannan-Ritland, 2003; Cobb, 2001; Cobb et al., 2003; Collins et al., 2004）。

在準備階段，研究者就要決定研究場景以及資料的收集方式。決定研究場景時，要考量推廣研究成果的生態效度（Bannan-Ritland, 2003），思考的面向可以從所要解決的實務問題、理論牽涉的因素、以及產品的潛在使用者等不同層面著手。

表 1：設計研究法的特點

特點	旨要	說明
研究目的	建立理論	· 理論是設計的基礎與促成進步的核心
	發展設計	· 設計是發展理論的策略與理論和實務的媒介
	改善實務	· 實務問題的改善與解決是建立理論與發展設計的動機
研究場景	實際教學環境	· 實驗控制的環境與真實的教學情境有很大的差異
		· 研究場景逐漸複雜，最後在實際教學環境進行
		· 為了解決實務問題，提升教學效果，擴大研究效度
		· 在脈絡豐富的社會尺度下，從生態觀點進行研究
研究焦點	過程	· 焦點在學習者如何與所產生的設計互動
		· 詳盡描述學習的歷程與相關資料
		· 是由建立理論、設計產品、實際測試、分析結果不斷循環所組成

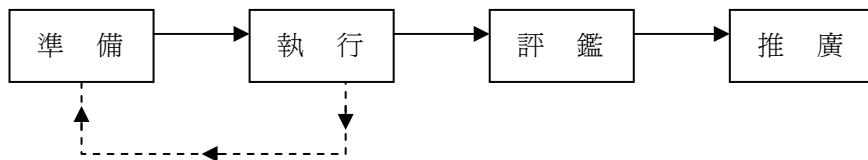


圖 1、設計研究的四個階段

表 2：設計流程與工作要點

階段	說明	工作要點
準備	從建立理論基礎到產生設計原型	確認問題、評估需求、調查文獻、發展理論、產生設計原則、確認設計的重要成份、形成假說、產生設計原型
執行	將設計在研究場景中進行測試	測試假說、分析資料、修正設計
評鑑	分析所有資料以了解產品成效	進行回溯分析、評估效果、評估生態效度
推廣	將產品推廣到教育市場	推廣設計、評估生態效度、評估推廣效果

收集資料時宜同時兼顧質性資料與量化資料 (Bannan-Ritland, 2003; Cobb, 2001; Collins et al., 2004)，質性資料將提供豐富的文字描述使人瞭解產品的設計過程，這有助研究者形成有關產品成效的輪廓 (Collins, 1999)；而量化資料讓研究者建立有關產品和學習之間的統計模式，這使研究者能以更簡潔的方式來了解脈絡間不同因素的關係 (Sloane & Gorard, 2003)。

二、執行階段

執行階段是一系列測試、分析、與修正的循環過程 (Collins, 1999; Collins et al., 2004; Edelson, 2002)。研究者要將準備階段所得構想的設計原型落實為具體之設計，在所決定的場景中進行測試，並對測試結果進行資料分析，再根據分析結果修正設計 (Bannan-Ritland, 2003; Cobb, 2001; Cobb et al., 2003; Collins et al., 2004)。其中，測試是在研究場景中實際檢驗準備階段所獲得的設計原型，以確認理論猜想的正確性。

如果分析的結果與預期差距過大，就必須再回到準備階段，重新修改理論以及建立新的假說與設計新的產品 (參見圖 1)，然後再回到執行階段進行測試，如此反覆進行，直到執行階段的測試結果能與理論預測相一致。隨著愈來愈肯定設計的成效，研究者要逐漸擴大測試的規模，以確認在不同的情境中能夠將理論假說與研究結果予以複製推廣 (Bannan-Ritland,

2003; Cobb, 2001; Cobb et al., 2003; Collins et al., 2004)。

由於設計研究法是一個長期的過程，不同的研究階段可能由不同的人員所負責，而參與這項設計研究的團隊成員也可能是跨領域的，不同背景的研究人員要共同討論，並且一起分析結果與其意義，所以，研究者要嚴格定義和檢視所使用的構念，務求明確、容易瞭解，以確保整個研究過程中測量構念的信度和效度 (The Design-Based Research Collective, 2003)。只有詳盡描述收集資料的過程以及明確定義分析的判準，才能夠在擴大研究場景、進一步複製與普遍化研究設計時，能夠確保整個長期的研究仍具有內在的一致性。

三、評鑑階段

在準備階段與執行階段後，研究流程進入了評鑑階段。這個階段的工作重點是對整個設計歷史進行回溯分析，在一個更廣的理論脈絡下檢視整個研究歷程，並以科學的和系統的方式來瞭解所設計的產品在解決實際問題的效能 (Bannan-Ritland, 2003; Cobb, 2001; Cobb et al., 2003; Collins, 1999; Collins et al., 2004)。

為了達成這個目標，研究者必須考量教育情境的複雜性，以學習生態 (learning ecology) 的觀點來理解不同的情境因素之間是如何交互作用進而影響學習。學習生態是一個複雜的互動系統，由許多具有不同類型 (type) 和不同層次 (level) 的成

分 (element) 所組成。在設計研究中，研究者在理論中建構起學習生態的組成成分，同時預期這些成分如何互動，並在評鑑階段從整體的觀點解釋為什麼這樣的產品設計會有效果，以及思考如何將這些產品應用在新環境 (Bannan-Ritland, 2003; Cobb, 2001; Cobb et al., 2003; Collins et al., 2004)。

四、推廣階段

推廣是將所設計的教育產品推廣到教育界，讓教師、家長、學生或行政人員能夠在實際教學時，採用這項產品來幫助學習，並評估推廣的效果 (Bannan-Ritland, 2003)。

推廣是研究領域和實務領域的成員互相交換訊息的過程。影響教育實務工作者採納教育設計的因素，包括這兩個領域之間的溝通是否順暢、實務環境的組織文化、產品的特性和成本效益的關係、實務工作者對採用新設計所投注的努力等 (Zaritsky et al., 2003)。

肆、設計研究法在教育研究的應用舉例

以下將以兩個實例來說明如何以設計研究進行教育研究。這兩個例子分別是 Bannan-Ritland 所領導的線上閱讀計畫 (The LiteracyAccess Online Project, [LAO]) (Bannan-Ritland, 2002b, 2003)，以及 Bakker 針對荷蘭中學生的統計教學所進行的設計研究 (Bakker, 2004)。

一、Bannan-Ritland 的線上閱讀計畫

(一) 研究特點

Bannan-Ritland 線上閱讀計畫的研究目的在建立有關閱讀和網路學習的理論，設計一套電腦輔助的閱讀教材，以促進兒童的閱讀理解能力。研究場景有三種，分別是非正式的場合、工作坊、以及模擬真實情境的學習。研究焦點為在成人的輔助下兒童如何利用電腦輔助來閱讀，進而提升閱讀能力。

(二) 研究流程

這個計畫的研究流程，分為準備、執行、評鑑、及推廣四個階段。

1. 準備階段

首先，Bannan-Ritland 針對閱讀和網路學習這兩個領域進行文獻探討，建立理論架構，然後，以此理論為基礎提出設計原則、建立假說、進行初步測試，再根據測試結果修正理論。例如，起初，Bannan-Ritland 依據文獻探討設計出教學式的、以兒童為中心的閱讀教材，但測試後，依照學習成效將設計方式修改為協同的、說故事的方式；在網路學習部分，Bannan-Ritland 先藉由文獻探討發展出網路學習的教學架構 (web-based instruction framework) (Bannan-Ritland, Harvey, & Milheim, 1998) 以及人機互動的分析架構 (Bannan-Ritland, 2002a)，然後結合網路學習與之前所建立的閱讀理論後，考量閱讀教材、讀寫策略、兒童的電腦技能和學習能力，以及輔助兒童學習的成人和兒童之間的關係等因素，提出軟體設計的原型

(written prototype)，再根據研究團隊中不同領域成員的建議進行修改，設計出一套線上閱讀課程的軟體原型 (software prototype)。

2. 執行階段

在執行階段，爲了模擬設計的實際效果，Bannan-Ritland 分別在三種不同的場景測試這套軟體原型。首先，在非正式場合中，測試兒童與父母在研究人員的協助下，以這套軟體原型進行配對學習的學習成效，並將分析結果與之前的猜想作比較，並依此修正理論架構與軟體設計；之後，在正式結構化的工作坊中，讓兒童和父母在研究人員的協助下進行配對學習；最後，在模擬真實的情境下，進行一連串的測試、分析、與修正。收集資料的方式包括觀察、訪談、學習日誌、調查。這些在不同場景的測試是一連串「測試－分析－修正」的過程，目的在確保測試的結果能接近日後實際使用的成效。

3. 評鑑階段

在評鑑階段，Bannan-Ritland 對整個研究進行回溯分析，評估整個設計的效果，包括評估教材的理論基礎是否正確、教材是否能提升兒童的閱讀理解能力、並從理論來分析教材與兒童閱讀成效之間的關係。

4. 推廣階段

推廣階段的工作重點在將設計成品推廣到教育界，並調查這套教材在教育界使用的情況，包括教師或父母是否採用這套教材？是什麼原因促使其使用這套教材或

是不使用這套教材？在這套教材的協助下，兒童的閱讀理解能力是否提升？教師或父母是否以不同於研究者的設計方式來使用這套教材？

二、Bakker 的荷蘭中學統計教育研究

這是 Bakker (2004) 針對荷蘭中學的統計教學所進行的設計研究，它屬於 Cobb, McClain, Gravemeijer 等人在美國田納西州 Nashville 研究團隊所進行的研究計畫的一部分。

(一) 研究特點

這個研究的目的是建立一個有關中學統計的教學理論，並設計一系列的教學活動，以幫助中學生發展統計概念。研究場景是一所荷蘭中學，研究焦點是學生學習有關統計的分布 (distribution) 的概念，以及學生對圖形表徵的符號化 (symbolizing) 歷程。

(二) 研究流程

在介紹這個研究之前要先說明的是，這個研究的流程並未進行到推廣階段，但由於這整個設計研究能夠呈現出設計研究法的特點與研究流程，故本文以此爲例來說明設計研究法在教育上的應用。整個研究內容所佔篇幅頗多，下文將針對與研究方法有關的部分加以介紹，至於研究的細節部分，將不再作敘述。

這個研究的研究流程，分爲準備、執行、評鑑三個階段，其中，針對某一個學習主題之假設性學習軌跡 (hypothetical

learning trajectory) 所進行的研究中，準備階段與執行階段共經歷 12 次的反覆循環。有 5 班七年級學生參與這部分的設計研究。Bakker 在準備階段先對其中 4 個班級進行觀察試探，確認教學材料的適用性，建立有關學習的理論猜想 (conjecture)，然後才在執行階段對另一個班級進行檢驗。

準備階段的工作重點在確定研究問題、建立理論架構，並進行教學實驗；或是依據執行階段的分析結果重新修改問題、建立理論架構和進行教學實驗。執行階段的工作重點在檢驗準備階段所建立的有關學生學習的猜想，每一個猜想都是與學生在學習統計的分布 (distribution) 的概念時與其有關的重要問題。在針對這 5 個七年級班級進行研究後，Bakker 在一所學校觀察 18 個班級的學習，最後，又在一個 8 年級的班級中進行教學實驗。在評鑑階段，Bakker 對整個研究過程進行回溯分析，以確立所建立的學習理論能夠適用於學生的教室學習。

1. 準備階段

準備階段包括文獻探討和教學實驗二部分。

(1) 文獻探討

文獻探討的目的在確定研究問題與收集教學素材，工作重點在分析課程中與統計有關的核心概念，追溯這些概念的歷史發展脈絡，探討學生的統計直覺概念，並根據這些結果發展教學材料。

與確定研究問題有關的文獻探討分

三部分，首先，Bakker 採用真實數學教育的教學理論 (the instruction theory of Realistic Mathematics Education) 為課程設計的理論基礎，依據這個教學理論來確定課程的設計原則；然後探討統計教育未來的研究趨勢；並分析 Cobb 等人之前所作的有關研究。之後，提出兩個研究問題，分別為中學生如何發展出統計的分布 (distribution) 的概念，以及學生在統計圖形表徵的學習中，符號化 (symbolizing) 的歷程是如何演變的。

教學素材的文獻來源有兩種，分別是有關統計教育研究的文獻探討，以及對統計概念所作的歷史發展探討。前者的目的在瞭解統計教育研究現況並作跨國的比較；後者則是要瞭解不具備統計概念的人們是以何種方式來理解和詮釋與這些概念有關的現象。

(2) 教學實驗

教學實驗的目的在針對研究問題進行初步的測試，以瞭解學生的思考類型與學習歷程。由於這整個設計研究包含許多學習單元，以下將針對其中的一個學習單元來說明研究流程。在與這個單元有關的教學實驗中，Bakker 先晤談學生，以瞭解學生的先備概念並建立與學生學習歷程有關的猜想；然後，針對這個猜想進行初步的測試，再進行三次教學實驗。

在晤談部分，Bakker 先訪談 14 位學生。晤談的問題是要求學生從一組分別代表兩種電池品牌使用壽命的長條圖中，判斷出哪一種品牌較好。Bakker 要從學生的

回答來瞭解：學生的直覺如何理解統計圖形；如果將這個問題脈絡發展為一項教學材料是否適當；教學時要注意學生的哪些學習層面。從晤談的結果發現，學生很容易理解題意，並能對圖形作出判斷，但是在說明品牌的優劣判斷時，學生都將注意力放在單一數值，例如，由品牌中的某一個電池有較長的使用期限來判斷這個電池較好，而非以這個品牌所呈現的集體特徵來判斷何者較好。根據訪談結果，Bakker 決定在正式的教學設計中使用這個問題脈絡，教學的重點是希望學生能夠發現統計資料中所要呈現的集體特性，而避免將注意力放在單一數值。

初步測試是在班級 1A 進行的。教師上課時直接讓學生由圖形判斷何種電池品牌較好，學生的回答仍然是傾向將焦點放在個別的數值。為了因應學生的這項學習特點，Bakker 認為如果讓學生瞭解這個圖形的建構歷程，並建立起抽樣(sampling)的概念，將有助於讓學生在理解圖形時能夠從單一數值轉移到整體的特徵。此外，由於許多學生回答某品牌較好是因為它有四個相同的數值，所以 Bakker 將它修改成 4 個不同但稍微接近的數值。在後續教學實驗中 Bakker 繼續使用這個電池問題。

第一次教學實驗是在 1F 班級進行的。為了引發學生對問題作更深入的思考，讓學生能從不同品牌的角度來進行論證，學生將要以兩家電池工廠老闆的身份寫一封信給商店，說明為什麼商店必須販賣這個工廠所生產的電池，這個作業是兩

人一組進行的。Bakker 預測由於學生證論時要同時考量兩個品牌的優點，故會面臨一些衝突情境，這能幫助學生發展統計的中央 (center) 和分散 (spread) 的概念。

由第一次教學實驗的結果發現，學生並未以 Bakker 所預期的方式來進行。由於學生是兩人為一組，結果，學生都是將這個問題拆成兩個部分，每位同學各自分析一種電池品牌的優點，彼此間少有互動。有一些學生在回答時提到這個研究是由消費者報導雜誌 (*Consumer Reports*) 所作的分析報導。Bakker 認為這個問題情境能夠促使學生進行更客觀的論證，並用比較數學化而且客觀的方式來分析題目所提供的資料，而不會像部分學生在回答問題時只使用廣告語言，所以，Bakker 決定在下一個教學實驗採用消費者報導作為問題脈絡。

第二次教學實驗是在 1E 班級進行，學生被要求假設自己是消費者報導雜誌的記者，目前獲得有關兩種電池品牌使用壽命的資料，現在要根據這些資料寫一篇有關這兩種品牌優劣比較的報導。教學實驗結果顯示這次學生有較好的論證品質。Bakker 認為，如果在設計教學活動時能夠找到適當的問題脈絡，將能引發學生改變對自身的角色認知，進而促使學生進行比較客觀的論證。

第三次教學實驗在 1C 班級進行，此時延續第二次教學實驗中的消費者報導問題脈絡，但是修改之前問題中每種品牌的電池數目。之前，每種品牌都有 10 個電

池，而此時改成每種品牌分別有 30 個及 35 個電池，Bakker 希望能夠藉此促使學生用乘法推理(multiplicative reasoning)來思考問題。

2. 執行階段：在 1B 班級中正式進行教學歷程的測試

執行階段是在 1B 班級中進行的，研究分兩部分，分別是教學活動和分析。整個設計研究中，1B 班級的學生共上了 12 堂課，而在正式上第一堂課之前，學生先進行一個 25 分鐘的前測，目的在瞭解與學生有關的統計先備知識。

以下所介紹的是 1B 學生所進行的第 2 堂課，而這堂課是在上述之準備階段的初步測試以及三次教學實驗後進行的。

(1) 教學活動

學生之前已經學過平均的概念，這個教學活動要求學生從消費者報導雜誌的角度來分析電池品牌的優劣，但是與準備階段不同的是，此時已將兩個統計圖形再稍加修改，成爲一個圖形看起來左右對稱、而另一個圖形偏向一邊，這樣修改是希望學生能夠由不同的分佈圖形來發現資料的集體特徵。

(2) 分析

Bakker 分析學生在教學活動時的討論內容後發現，學生仍然從個別數值來判斷圖形，沒有注意到圖形的整體特徵，學生會應用在第一堂課所發展的統計概念。此外，學生起初認爲這兩種品牌的數目不同，無法比較，但是，如果將問題修改爲兩種品牌的電池數目分別爲 400 顆和 405

顆，學生卻認爲這是可以比較的。這促使 Bakker 在後續的教學設計中要處理樣本數目多寡的問題。由於學生對圖形的判斷仍是從個別的數值開始，故在後續的教學設計中，Bakker 希望能夠藉由改變電池問題的圖形表徵來幫助學生發展有關圖形的整體意涵。

之後，研究過程回到準備階段。Bakker 重新思考理論架構以及與下一個教學階段有關的研究問題，再擬定學生可能的學習歷程，並在其他班級進行教學實驗，最後，又回到 1B 班級進行正式的施測。由於整個過程所佔篇幅相當大，非本文重點，故不在此詳述。

3. 評鑑階段

在評鑑階段，Bakker 對準備階段與執行階段中所收集和所有資料進行回溯分析。在這個分析中，Bakker 重新檢視理論、教學設計、學生的學習成效，並探討有關方法論、真實數學教育、電腦輔助教學、學生的符號化歷程等議題，並將研究結果與 Cobb 等人在 Nashville 所作的研究相比較，以回答最初所提出的兩個研究問題，最後，對中學的統計課程設計提出建議。

伍、設計研究法與科學原則

設計研究法強調教育研究宜兼顧理論與實務，不能脫離實際的教學環境。那麼，要如何確保在如此複雜的教學環境所進行的研究，能夠符合科學的原則？要如何確認這是一項科學的研究？

美國國家研究會（NRC, 2002）提出一套教育研究應依循的科學原則，這些原則包括所要研究的內容或主題是可以進行實證研究的重要問題、研究須有理論基礎、研究能夠在不同的研究過程中被複製與普遍化、使用可以直接探討問題的方法、提供一致性和外顯的推理過程、研究社群能對研究進行專業的審查與批判。以下將針對這些科學原則，說明設計研究法符合這些原則。

一、研究內容是可以進行實證研究的重要問題、研究與理論結合

前面提到，設計研究法認為教育研究的目的在建立理論、發展設計、改善實務（Cobb et al., 2003; Shavelson et al., 2003; The Design-Based Research Collective, 2003）。為了解決實驗設計法（experimental design）所獲得的理論在應用於實務上可能會遇到的限制，設計研究法從實際的教學問題出發，尋找可能的解決之道，並提出可能的猜想，然後分別在由簡單到複雜的不同情境下檢驗猜想，依此建立理論，再根據這個理論，提出改善教學的設計方案。在這個過程中，由於研究的動機起源自解決實際的教學問題，這使得研究問題通常是教師所關注的重要問題，也是一個可以檢驗的問題，而研究結果也能改善教學實務。設計研究法的研究過程是一個理論建構與理論應用的過程，這讓研究具有理論基礎。從上述的說明可知，設計研究法符合科學原則中有關研究的內容或主題

是可以進行實證研究的重要問題，以及研究須有理論基礎這兩項原則。

二、能夠在不同的研究過程中被複製與普遍化

設計研究法強調在實際的教學情境中進行研究的重要性（Brown, 1992; Collins, 1999; Edelson, 2002; Kolodner, 2001; The Design-Based Research Collective, 2003），實際教學情境是複雜的，那麼，所進行的研究能否在不同的研究中被複製和普遍化呢？設計研究法強調研究是一個在理論建立與執行設計兩個階段之間反覆循環的過程，這個反覆的過程是一種用來確保研究過程能夠被複製的一種方式。因為在研究進行時，如果發現設計的成效不如預期，研究者會思考是否疏忽了某此因素，進而修正理論和研究設計，並再重新測試。如果修正後理論與實際測試結果相符，研究者可以擴大測試的範圍，以確定所建立的理論和設計的產品可以應用在不同的實務環境，並提供更多研究成果能被複製和普遍化的證據。

三、使用可以直接探討問題的方法、提供一致性和外顯的推理過程

設計研究法認為教育研究不是純粹的理論研究，而是要與實際教學相結合，教育研究的成果應該能夠用來解決實際的教學問題（Collins, 1999），這使得研究者不能僅憑思考或臆測來探討問題，而是要

針對問題本身提出解決問題的方法，並在教學場域中檢驗解決問題的成效。

在一個實際的教學環境中不同因素會互相影響，爲了釐清不同因素之間的關係，設計研究要求詳盡描述與學習歷程有關的一切質性資料與量化資料，並且有系統的保存設計的執行成效與修正歷程，這些資料包括教學環境、時間、方式，教師和研究者的角色，學生的背景、學習歷程、學習者的反應等。豐富的資料可以作爲研究者對理論與設計成效推論的依據，這提供一個具有一致性與外顯性的推論過程。

四、能夠在專業領域中進行審查與批判

教育研究是一個專業的領域，在這個專業社群中有一套屬於學術研究的審查標準，不同的意見可以彼此交流和批判。所有被認可的研究成果都會經過專業社群的審查，並發表在公開發行的刊物，而屬於眾多教育方法之一的設計研究法，由其所獲得的研究成果也需要經過這一個審查機制。近年來，一些藉由設計研究法所進行的研究在教育期刊上發表，同時，在這些期刊也討論有關設計研究法的方法論議題（例如，參考《教育研究者》2003年32卷第1期）。這說明了以設計研究法進行的教育研究，能夠在專業領域中進行審查與批判。

從以上的說明可知，設計研究法能夠確保研究符合科學的原則，能夠確認這是一項科學的研究。

陸、結論

本文依序介紹設計研究法的特點、研究流程與工作要點、教育研究中的應用舉例，並說明這個研究方法符合科學的原則。

設計研究法強調教育研究的目的應該同時包括建立理論、設計產品、改善實務這三個層面，能夠促成教育研究者與實務教師的合作，使兩者共同探討學生的學習歷程，以解決教學問題，進而提升學習成效。研究流程包括準備、執行、評鑑、推廣四個階段，是一個長期的形成性研究，其中的準備階段與執行階段可以視研究結果不斷反覆循環，以使理論基礎更加完備，並確保推廣時的生態效度。評鑑階段要對整個研究進行回溯分析，以了解產品設計的實施成效。以設計研究法進行的教育研究是一個科學的研究，能夠符合科學的原則，包括研究內容是可以進行實證研究的重要問題、研究與理論結合、能夠在不同的研究過程中被複製與普遍化、使用可以直接探討問題的方法、提供一致性和外顯的推理過程、能夠在專業領域中進行審查與批判。

近年來，國外一些跨領域的研究者提倡這是一個研究真實情境下的學習時，最令人喜愛的研究方法，本文綜合近年來有關的文獻後，對設計研究法作一介紹，以提供國內教育研究者參考。

柒、參考文獻

Bakker, A. (2004). *Design research in statistics education: On symbolizing and computer tools*. Published

- doctoral dissertation, Proefschrift Universiteit Utrecht, Tekst. Retrieved December 29, 2006, from <http://igitur-archive.library.uu.nl/dissertations/2004-0513-153943/inhoud.htm>
- Bannan-Ritland, B. (2002a). Computer-mediated communication, elearning, and interactivity: A review of the research. *The Quarterly Review of Distance Education*, 3(2), 161-179.
- Bannan-Ritland, B. (2002b). Literacy Access Online: The development of an online support environment for literacy facilitators working with children with disabilities. *TechTrends*, 46(3), 17-22, 42.
- Bannan-Ritland, B. (2003). The role of design in research: The integrative learning design framework. *Educational Researcher*, 32(1), 21-24.
- Bannan-Ritland, B., Harvey, D. M., & Milheim, W. D. (1998). A general framework for the development of web-based instruction. *Educational Media International*, 35(2), 77-81.
- Barab, S., & Squire, K. (2004). Design-based research: Putting a stake in the ground. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 1-14.
- Brown, A. L. (1992). Design experiments: theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *The Journal of the Learning Sciences*, 2(2), 141-178.
- Brown, A. L., & Campione, J. C. (1994). Guided discovery in a community of learners. In K. McGilly (Ed.), *Classroom lessons: integrating cognitive theory and classroom practice*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- Brown, A. L., & Campione, J. C. (1996). Psychological theory and the design of innovative learning environments: On procedures, principles, and systems. In L. Schauble & R. Glaser (Eds.), *Innovations in learning: New environments for education* (pp. 289-325). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Cobb, P. (2001). Supporting the improvement of learning and teaching in social and institutional context. In S. M. Carver & D. Klahr (Eds.), *Cognition and instruction: Twenty-five years of progress* (pp. 455-478). NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R., & Schauble, L. (2003). Design experiments in educational research. *Educational Researcher*, 32(1), 9-13.
- Cobb, P., Stephan, M., McClain, K., & Gravemeijer, C. (2001). Participating in classroom mathematical practices. *The Journal of the Learning Sciences*, 10(1&2), 113-163.
- Cognition Technology Group at Vanderbilt. (1997). *The Jasper project: Lessons in curriculum, instruction, assessment, and professional development*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Collins, A. (1992). Toward a design science of education. In E. Scanlon & T. O. 'Shea (Eds.), *New directions in educational technology* (pp. 15-22). New York: Springer-Verlag.
- Collins, A. (1999). The changing infrastructure of education research. In L. S. Schulman (Ed.), *Issues in education: problems and possibilities*. (pp. 289-298). San Francisco: Jossey-Bass Publishers.
- Collins, A., Joseph, D., & Bielaczyc, K. (2004). Design research: Theoretical and methodological issues. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 15-42.
- Dede, C. (2004). If design-based research is the answer, what is the question? A

- commentary on Collins, Joseph, and Bielaczyc; diSessa and Cobb; and Fishman, Marx, Blumenthal, Krajcik, and Soloway in the JLS Special issue on design-based research. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 105.
- diSessa, A. A., & Cobb, P. (2004). Ontological innovation and the role of theory in design experiments. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 77-103.
- Edelson, D. C. (2001). Learning-for use: A framework of the design of technology-supported inquiry activities. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(3), 355-385.
- Edelson, D. C. (2002). Design research: What we learn when we engage in design. *The Journal of the Learning Sciences*, 11(1), 105-121.
- Edelson, D. C., Gordin, D. N., & Pea, R. D. (1999). Addressing the challenges of inquiry-based learning through technology and curriculum design. *The Journal of the Learning Sciences*, 8(3&4), 391-450.
- Hawkins, J., & Collins, A. (1992). Design-experiments for infusing technology into learning. *Educational Technology*, 32(9), 63-67.
- Hickey, D. T., Kindfield, A. C. H., Horwitz, P., & Christie, M. A. (1999). Advancing educational theory by enhancing practice in a technology-supported genetics learning environment. *Journal of Education*, 181(2), 25-55.
- Kelly, A. E. (2003). Research as design. *Educational Researcher*, 32(1), 3-4.
- Kolodner, J. L. (2001). A note from the editor. *The Journal of the Learning Sciences*, 10(1&2), 1-4.
- Lobato, J. (2003). How design experiments can inform a rethinking of transfer and vice versa. *Educational Researcher*, 32(1), 17-20.
- McCandliss, B. D., Kalchman, M., & Bryant, P. (2003). Design experiments and laboratory approaches to learning: Steps toward collaborative exchange. *Educational Researcher*, 32(1), 14-16.
- National Research Council. (2002). *Scientific research in education*. Washington, DC: National Academy Press.
- Shavelson, R. J., Phillips, D. C., Towne, L., & Feuer, M. J. (2003). On the science of education design studies. *Educational Researcher*, 32(1), 25-28.
- Simon, H. A. (1981). *The sciences of the artificial*. Cambridge: The MIT Press.
- Sloane, F. C., & Gorard, S. (2003). Exploring modeling aspects of design experiments. *Educational Researcher*, 32(1), 29-31.
- The Design-Based Research & Collective. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational Inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5-8.
- White, B. Y., & Frederiksen, J. R. (1998). Inquiry, modeling, and metacognition: Making science accessible to all students. *Cognition and Instruction*, 16(1), 3-118.
- Zaritsky, R., Kelly, A. E., Flowers, W., Rogers, E., & O'Neill, P. (2003). Clinical design sciences; A view from sister design efforts. *Educational Researcher*, 32(1), 32-34.