臺中教育大學學報：數理科技類
2008 年，22(2)，1-30

生活情境中之重量、容量、面積之初探—由學生發展問題中出發

A Study of Weight, Capacity and Area Based on Students' Real-Life Situation from Problem-Developing Point of View

馬秀蘭*
Hsiu-Lan Ma

（收件日期 97 年 5 月 20 日；接受日期 97 年 7 月 31 日）

摘　要

本文乃藉由 31 位國小高年學生所發展之問題去探究其生活情境中之重量、容量、面積概念的乘除法問題類型及錯誤的結構。研究結果如下：一、學生發展正確的乘法問題多於除法，在重量概念發展出正確的數學結構題最多，面積的題數最少且較爲固化。而不同的數學概念有不同的類型，重量、容量、面積分別集中在「比較型」、「量數同構型」、「叉積型」題型；其中重量、容量、面積概念發展的情境分別以身邊人物體重、飲料容量的計算、給予長度去計算土地大小的題型最多。二、錯誤結構中以「邏輯不合」的題目最多，而面積是三種概念中錯誤最多的，錯誤結構大多是因學生的「語意知識」不足所引起。三、本文進而研發一套「重量、容量、面積之生活情境的數學解題能力測驗工具」。

關鍵詞：重量、面積、容量、問題發展、測驗工具

*嶺東科技大學企業管理系副教授

Abstract

The purpose of this article was to explore the structures of multiplication and division problems developed by 31 six students in primary school. These problems were involved in weight, area, and capacity conceptions, which reflect students' real-life situation. The conclusions were drawn as follows. (1) Among these problems the number of the multiplicative structures were more than that of the divisive structures. The problems of weight most frequently appeared, and those of area least frequently appeared and lacked of variation. The problems of weight, area, and capacity concentrated on comparison, isomorphism, and product of measures respectively. These problems involve calculating the weight of people around them, the capacity of the beverages, and the area of the lands most. (2) The incorrect structure of problems and the incorrect problems developed most are about logical unsatisfying and the conception of area. They resulted from that students lacked in semantic knowledge. (3) The author developed the mathematically problem-solving test of weight, area, and capacity based on the real-life situation.

Key words: Weight, Area, Capacity, Problem Developing, Tool.

壹、緒論

愛因斯坦等學者曾指出：提出問題比解決問題更重要。因爲解決問題也許是數學上或實驗上的一個技能，而提出新的看法、新的可能性、從新的角度去觀看舊問題等，卻是需要創造性的想像力，而且標誌著科學眞正的進步（引自林碧珍，2001）。產生、發展出新的問題或重新改寫被給的問題，文獻上有許多相關的詞語，例如 Brown 和 Walter (1990) 的「擬出問題 (posing problem)」、Silver (1994) 的「產生問題 (generating problem)」，Kilpatrick (1987) 的「形成問題 (formulating problem)」、馬秀蘭 (2001，2004) 的「發展問題 (developing problem)」，其它尙有找出問題 (finding problem)、創造問題 (creating problem) 等。擬題（發展問題）是基於學生自己實際生活之經驗，由他們之背景知識、價值及渴望所產生的討論 (Spanos & National Clearinghouse on Literacy Education, 1991)，因此擬題活動可增強學生的基本概念並提高學生的解題能力以及幫助教師和學生去察覺出錯誤概念和迷思 (Silver, 1994)；同時擬題（發展問題）活動可幫助學生將數學與日常生活連結，並且透過文字敘述，亦可反應生活經驗（馬秀蘭，2001，2004; Silverman, Winograd, & Strohauer, 1992），亦可從學童發展之問題情境中去瞭解他們對數學加減或乘除法概念認知的程度，以及掌握不同問題情境的能力，並檢驗學童乘除法的迷失概念（馬秀蘭，2001，2004）。

因此，美國數學教師協會 (National Council Teachers of Mathematics, NCTM) 在 2000 年提到，鼓勵學生在日常生活中思考問題與提出問題，培養學生從他們的世界中形成數學問題的興趣，讓學生有機會提出具有挑戰性的問題，以增加自己的數學知識。我國教育部 (2000) 在九年一貫數學課程中也提到期望學生「發展形成數學問題與解決數學問題的能力」。由此可知，形成問題和解決問題是同樣重要的，形成數學問題需從逆向角度去審視本身數學知識 (Lenug & Silver, 1997)。

臺灣之數學教育著重程序性知識與技能，以期學生能獲得較高的成績，然而學童卻不能將如此之計算能力轉換爲對數字及運算之理解與應用 (Rey & Yang, 1998)。學生好的計算題能力並不能保證在應用問題上有良好表現，學生沒有把適用算法的情境和計算方法作聯結是一原因（劉秋木，1996）。Yancy (1981) 曾提出十項數學文字題的特徵描述說明文字題的困難，其中一項即是問題情境不被學生所熟悉（引自古明峰，1994）。Knifong 和 Burton (1985) 與許多數學教師共同觀察讓學生感到數學困難的原因是「問題呈現的型態或主題」與「學生的生活背景與興趣」的相關性很低。因此教師應該設法了解學生的生活經驗，以在教學上做適當的佈題或命題。

在馬秀蘭 (2007b) 的由實務推理的問題發展之研究中，國小高年級學生在其所寫的生活日記中提到的數學概念有貨幣、時間、距離、重量、容量和形體面積等。由此可知，這些是學童熟悉的生活背景，因此研究者依據此結果，設計給學生問題發展的主題，其中重量、容量、面積也包括在其中（馬秀蘭，2008）。重量、容量、面積此三者是九年一貫小學的數學課程（教育部，2003）中所提及的七個「量」中的三個「量」，故自有其重

要性。在此研究者期待學生能以其背景知識去發展問題，藉此教師除了可掌握學生對此三個概念了解的程度之外，尚可知悉他們熟悉的問題情境、乘除法類型以及錯誤概念，這些訊息將給教師佈題或命題的參考。

目前問題發展的研究已相當成熟，一般問題發展的研究一些是針對不同之作業形式去探討學生的擬題行爲，例如：學生偏好何種策略形式擬題（如 Cai, 1995, 2000）、或學生能發展何種問題類型或生活經驗問題（如馬秀蘭，2001，2002，2004; Silver & Cai, 1996）；有一些是針對擬題（教學）去探討與其它能力的相關，例如：擬題與解題表現（如 Rudnitsky, Etheredge, Freeman & Gilbert, 1995; Winograd, 1990）、擬題教學對解題的效果（如徐文鈺，1996: Silver & Cai, 1996）、擬題教學對於數學能力或態度的效果（如梁淑坤，1994; Knuth, 2002; Schloemer, 1994; Winograd, 1990）；或問題發展對閱讀能力、數學能力表現的相關或影響（如馬秀蘭和林思行，2003; Whitin, 2004），或數學能力對擬題題數、類別數與單位數量的相關（如陳美芳，1995）。其它則是牽涉到語意結構層面之探討，例如：擬題活動對學生文字題語意結構及文字題解題影響（如李承華，2002; Mayer, Lewis, & Hegarty, 1992; Silver & Cai, 1996），數學知識對所發展問題之結構（如梁淑坤，1994; Ellerton, 1986）或品質（如 Kilpatrick, 1987）之影響。

由上可知，藉由國小高年學生所發展之問題去探究其生活情境中之重量、容量、面積概念的乘除法問題類型及錯誤的結構，進而研發生活情境的數學解題能力測驗工具，在國內、國外都缺乏相關的研究。因而本研究將從此著手。因爲發展問題必需運用到對計算與文字之表徵之了解，亦即發展問題之過程須應用到數學與語文知識。文字題的結構特性會影響不同年齡兒童在解決數學文字題時的表現；這些結構特性包括問題的長度、文法複雜度、問題陳述的順序、以及表徵文字題當中已知數與未知數之間關係的算式。Silver 和 Cai (1996) 發現擬題可以透露中學生的基模知識；馬秀蘭 (2007c) 則指出五、六年級學生若要對乘除法算式成功的發展問題必須具有策略性知識（檢視列式）、基模知識（情境、結構類型）、語意知識（事物表示）和語文知識（正確中文表之）四種知識。學生若缺乏其中知識之一，都可能發展出錯誤的問題；依馬秀蘭、林思行 (2003）的研究，高年級學生發展問題有以下三種錯誤類型：一、非題目（未完成的題目歸類），二、邏輯不合 (題意與事實不符或題目條件錯誤，產生矛盾)，三、資料不足 (給予的條件不夠)。因此本文將以非題目、邏輯不合、資料不足三種類型去分析學生在其生活情境中之重量、容量、面積的乘除法錯誤結構，再藉基模知識、語意知識及語文知識來分析學生發生錯誤類型時的可能因素，最後再藉此去修正學生所發展之問題，而研發一套「重量、容量、面積之生活情境的數學解題能力測驗工具」。

網路佈告欄系統 (Bulletin Board Systems, BBS) 或網路討論板易學易用，其「隨時、隨地、任何人」的學習環境正符合現今教育的精神。透過它們可讓弱勢族群從一般數學課堂上沈默的邊緣人，變成參加者，而無論上網或是扮演何種的角色，他們都浸浴在學習的情境中（馬秀蘭，2000a，2000b，2001，2004）。Ma (2005) 指出 BBS 是幫忙學生進行數學活動的另一支援管道。事實上，研究者已有不少研究證實過，以 BBS 爲基礎的教育活動

對小學生有正向的利益與潛力，例如在「數學解題」能力上（馬秀蘭，1999，2000a；馬秀蘭和吳德邦，1999）及數學之問題情境發展上（馬秀蘭，2000b，2001，2002，2004），在「實務推理」過程中之協商交談之合作成果（馬秀蘭，2005，2007a）。因此研究者將再以網路討論板爲工具來進行學生的問題發展活動。

本研究的目的如下：

（一）探討學生在重量、容量及面積概念上所發展問題之乘除法類型。

（二）探討學生在重量、容量及面積概念上所發展問題之錯誤結構。

（三）由學生問題發展中研發「重量、容量、面積之生活情境的數學解題能力測驗工具」。

貳、文獻探討

一、問題發展

研究文獻上對有關「問題發展」有不同的定義。Dillon (1982) 認爲問題發展是解題之後尋找題目的過程。Silver (1994) 指出問題發展是由經驗或情境中創造新的問題，或是由給定的題目中創造新的題目。梁淑坤 (1994) 對問題發展下的定義是：「自己想出一個數學題目來」，在問題發展的過程中，問題發展者會用自己的數學知識和生活經驗把情境、人物、事件、數字、圖形等建立關係並組織起來，發展出一個數學題目。Stovanova 和 Ellerton (1996) 則將問題發展定義爲依據數學經驗的基礎，學生建構及創造有意義的數學題目，是一個屬於個人化的過程。徐文鈺 (1996) 稱問題發展是一種主動建構、運用認知基模處理訊息的活動。楊惠如 (2000) 認爲問題發展乃是學生根據自己所學的數學經驗，創造一個屬於個人化的數學題目。綜合以上所敘述，本研究將讓學生統整自己所學的經驗，依特定主題，自己發展出一個或多個新的數學題目來，此即爲問題發展 (problem developing)（馬秀蘭，2001，2004）。

近幾年來，有許多國內外研究者發現問題發展活動不僅可以提高學生的學習興趣，對於學生的數學能力亦有增進效果（楊惠如，2000；劉芳妃，1998; English, 1997; Knuth, 2002; Silver, 1994; Skinner, 1990）。梁淑坤 (1994)、Brown 和 Walter (1993)、English(1997) 則認爲問題若是由解題者所發展出來，解題的興趣及動機就會很高。劉祥通 (1996)、Tsubota (1987)、Writze 和 Kahn (1982) 的研究也指出問題發展可以幫助學生了解問題結構、形成數學化思考方式，將自己的數學知識和生活情境做連結，使數學意義化，並發現教材的系統性和關聯性。Knuth (2002) 提及學生應擁有學習及了解數學的興趣，其中也包含在了解給定的題目後，以原來的解答或數學概念作爲更進一步探討的出發點，再發展出有趣的數學題目來。

從學生發展的問題中也可反應學生的認知結構，馬秀蘭 (2007c) 修改 Mayer (1992) 的解題知識成「發展乘除問題知識」，她指出針對乘除法算式，學生必須具有以下四種知識才能成功的發展問題：

（一）策略性知識：檢視列式一些程序的知識，如直接檢視列式、或改變運算列式、或制定子目標。

（二）基模知識：考量到以哪一種情境物件或結構類型去發展問題的知識，或已知數與未知數之間的關係。

（三）語意知識：了解列式的意義及現實世界事物的知識，包括以離散量事或連續量事物表示問題，以及認識此事物相關的資料知識。

（四）語文知識：能用正確的中文表示問題的知識。

對於問題發展之研究方式與研究對象雖然各有不同，但皆爲對問題發展在數學教育上之運用價值的肯定。茲將有關於問題發展的研究大致分爲以下三種向度討論之。

(一) 將問題發展視爲教學研究活動，以瞭解問題發展教學與學習之相關

Schloemer (1994) 將問題發展教學策略“ What-if-not”以認知學徒制的教學方式來教導大學生學習高等代數，實驗組的學生進行問題發展教學，而控制組的學生則不進行，結果發現兩組在數學成就中並無顯著差異。根據研究者的結論，他認爲實驗組可能已經習慣原來的教材，當老師進行問題發展的教學方式他們在數學態度上會產生負面的影響。所以雖然在問題發展方面，實驗組表現比控制組好；但在數學態度的表現方面，兩組的前、後測均下降。

Gonzales (1994) 在美國新墨西哥州大學對職前的中小學教師，進行「擬題」教學研究計畫。以「從已知問題再擬出新問題」的方式來進行。他延伸 Polya 解題的四個階段到第五階段「擬題」，成爲「理解」、「策畫」、「實行」、「回想」、「擬題」；研究中發現學生常可以擬出教師意想不到的問題，或是提出一個連教師都沒想到的解法。

陳佩琦 (2003) 探討數學問題發展教學在一個國小二年級班級實施的情形；發現大多數學生對問題發展教學都有很高的學習興趣，而且在問題發展與解題時也有信心；學生發展的問題呈現多樣化的型態，根據研究者的分類，其特色可分爲情境延伸、學生喜好、學校生活、日常生活等四類。

Whitin (2004) 以數學問題發展方式教導小學四年的學生學習長方形的周長和面積概念，結果發現學生在使用數學問題發展策略後，能幫助他們以具體的圖形及生活化的例子來理解抽象的概念，也讓教師觀察到學生思考方式及面臨的困難。

吳進寶 (2005) 探討一個國小五年級的班級，實施問題發展教學的情形；其問題發展方式是採取日本學者坪田耕三的「類題法」，教材內容是整數四則混合運算；研究發現，學生喜歡問題發展教學的上課方式，他們覺得教材內容很有趣味，也顯示出樂於學習的態度。

(二) 將問題發展視爲分析數學能力的工具之一，並透過問題發展活動來促進學生對數學的興趣

English (1998) 研究 54 位澳大利亞國小三年級學生的問題發展能力；發現學生在許多非例行性的情境中，可以擬出多樣化的題目，但在加法和除法的問題發展中，學生所擬出

來的題型傾向一致，可能是受到教材中例行性題目的影響，造成學生思考模式固化。

Cai (1998) 以中國 223 位六年級學生和美國 181 位六年級學生進行問題發展和解題的認知分析；結果發現，在問題發展方面中國和美國的受測學生有很多相似處，但在計算方面，中國學生優於美國學生。

馬秀蘭 (2001) 對 24 位國小六年級學童進行研究，該研究發現當發展的問題情境之「物件」以食、衣、住、行、育樂等來分類時，出現最多的物件爲貨幣（元）和食物；在正確的乘除法問題類型中，單步驟問題以乘法的「比例因子型」和除法的「等分除」最高；在多步驟問題中，乘法的「倍數法」和「比例因子」及除法的「等分除」占多數，而「交叉運用法」幾乎沒有出現。

Cai (2003) 以數學問題發展及解題的方式，研究新加坡四、五、六年級學生之數學思考與表現，結果顯示學生大部分能選擇適當解題策略及解題方法，四年級和五年級學生之間數學思考程度有較明顯的差異，但五年級和六年級的學生較無差異。

馬秀蘭 (2004) 研究是透過 BBS，去促進學生做數學之意願，以培養其發展問題的能力，並從問題情境中去瞭解學童對乘除法概念認知的程度，以及掌握不同問題情境的能力；結果發現，問題能眞正反應出學生實際生活經驗中的乘除法模式及認知的程度；其中「倍數法」與「比例因子」及「等分除」是多數乘法及除法之問題情境類型，而「較小整數」且「符合計算信念」是問題的其它結構變項。

黃月平 (2004) 以國小六年級共 480 人爲研究對象，採用自編的「擬題測驗工具」及晤談方式來探討學生將算式表徵轉換成文字表徵的數學擬題能力，並藉學生發展出的乘除法數學題目及錯誤類型來瞭解學生分數乘除概念的表徵轉換；結果發現，不管是乘、除法或數字形式爲何，題目幾乎集中在量數同構之「2 的規則」，其分配比率依次爲「2 的規則」、「比較型」、「叉積型」、「3 的規則」；「操作物適用性」與「單位完整性」表現較佳，「情境合理性」之表現最不理想。

邱瑤瑢 (2006) 以國小四年級共 97 位學生爲研究對象，以自編的研究工具來探討學生除法式表徵轉換爲文字表徵的數學擬題能力，並透過擬題所呈現的錯誤類型，來瞭解學生除法概念發展的情形，並以晤談的方式來了解學生擬題時的想法；研究發現擬題能力愈好的學生，其除法能力也就愈好；學生在平分及包含除的解題表現明顯較差；「運算符號錯誤」佔所有擬題錯誤類型的比例較高。

(三) 編製評量工具以探討學生問題發展之能力

梁淑坤 (1997) 除了問題發展之研究外，並嘗試製作問題發展能力評量之工具。由於原 TAPP (Test Airthmetic Problem Posing) 只適用於算術文字題，因此，該研究建立一套延伸 TAPP 的評量工作，加上非算術的擬題試題，共 18 題，統稱爲數學擬題測驗 (Test on General Problem Posing, TGPP)，其中有「文字」、「圖片」和「答案」三種作業模式。

林原宏和許淑萍 (2002) 編製國小高年級學生適用之「乘除法擬題能力測驗」，擬題測驗爲「算式表徵轉換爲文字表徵」的擬題型式，並進行實證研究；該測驗試題所涉及變項

爲使用「 ×」或「 ÷」的單步驟題型及「 ×」、「 ÷」混用的多步驟題型，並考慮未知數的位置及隱含元素的位置。

由上可知，問題發展不但可以提升學生學習數學的興趣、動機和自信，且學生發展的問題也可反應學生在日常生活中所接觸的數學經驗。本研究希望學生藉由生活情境中熟悉的經驗去發展數學問題，進而從中去探討這些問題之類型及錯誤結構，進而研發出一份測驗學生解決日常生活數學問題的能力工具。

二、量概念

在日常生活中常會運用到量的概念，量是物理世界的重要性質，其概念是由實物世界抽象而來，而數概念則視爲某量與單位量之間的關係（甯自強，1993; Skemp, 1978），學生若缺乏正確的量概念，將造成解題上困難（劉秋木，1996）。量依其分類觀點不同而有不同的分類，教育部 (2003) 在九年一貫小學的課程中提及的七個「量」，即長度、面積、體積、角度、重量、容量、時間；另外有本國的貨幣、速度（速率）。但一般來說，並不會把貨幣和速度和前面的七個量相提並列。或將「量」分成分離量與連續量（劉秋木，1996），其中可以將分離的物體一個一個分開來數，以這種方式來看東西的量便是分離量；但若是計算一堆物體的重量，此連續稠密的重量，就稱爲連續量。或將「量」分成外延量 (extensive quantity) 及內涵量 (intensive quantity)（劉秋木，1996），其中一再堆積、延長而繼續增加的量，稱爲外延量，長度、面積、體積、角度、重量、容量、時間七種皆爲外延量，其意爲範圍之量；另一種表示密度、速率等，爲兩外延量的比值，稱爲內涵量，其意爲劇烈的程度。

由於本研究目的是分析學生在重量、容量及面積上所發展之問題，因此以下將針對此三種量作進一步探討。

(一) 重量

重量是使用具有刻度的秤重工具，來描述指涉實物的感覺存有「重」的特質。重量有可比較、可保存、可分割、可併合等性質（許天維和鍾靜，1996）在普遍單位比較下，經常以公斤、公克爲單位，進行實測及估測的活動。重量的迷思概念有：1. 誤以爲不同的物體，體積越大，重量越重。2. 誤以爲物體變形後，重量會改變。3. 誤以爲物體的總重量會因爲被分割而改變。4. 二階段的換算錯誤。5. 無法處理等量與不等量遞移的推測。

(二) 容量

容量指液體物質占滿容器的最大盛載量；容器內眞正裝有的液體體積通常被稱爲液量；容積指容器內部空間的大小，它是體積的概念，而容量是液量的概念。容量普遍使用的單位有公升、分公升、毫公升和 c.c.。五年級學生在容量的迷思概念有：1. 對於容器的概念並不清楚。2. 缺乏相互性的邏輯運思能力。3. 缺乏單位換算的能力。4. 估測策略除憑藉量感外，多以「單位」作爲判斷標準。5. 量感不足且缺乏靈活有效的估量策略（張淑怡，2004）。

(三) 面積

面積指的是某一封閉區域的大小，即表示對此一特定區域被數個單位量所覆蓋的程度；故此覆蓋活動，包含了兩個條件，即：面積是有周界的，故覆蓋物不能超過給定的邊界，以及面積是從一維到二維掃描的結果，故覆蓋物不能重疊（譚寧君，1995）。直線測量面積概念屬於較抽象的推理層次，包括在數學上的單位相乘關係。面積的迷思概念有：1. 缺乏對被測量的認識。2. 保留性的不足。3. 學生對面積的了解是建立在視覺的知覺上，而非在物件的覆蓋活動。4. 面積和周長的概念混淆使用。5. 一維、二維單位量轉換的混淆。6. 估測能力不足。7. 輕忽概念的了解（曾千純和謝哲仁，2003）。其中最常被提出的迷思概念爲學生對面積與周長概念的混淆，尤其問題中標示了物件的邊，此多餘資訊的干擾，概念不清的學生即不易辨別，會誤以爲對邊長也要做計算（王選發，2002）。

由上可知，「量」與生活息息相關，把數學知識轉化成生活常識，不但可以提升解決問題的能力，也可避免誤用，故本研究希望藉由本活動讓學生了解生活中存在許多數學問題，並學習如何解決生活中的「量」的問題，且能自然的運用自身的經驗發展出正確且合理的數學問題。

三、乘除法模式

對於乘除法之研究，許多學者因採用的觀點不同而有不同的模式，外國的研究，如 Usiskin 和 Bell (1983) 是採用乘法應用的觀點、Greer (1987) 是從數值型態的觀點、Schwartz (1988) 是從問題中內涵量和外延量的觀點、Vergnaud(1988) 採用向量和向度 (dimension) 的觀點、Nesher (1988) 則考慮語意觀點對乘除問題進行分析等。本文分析學生在「重量」、「容量」、「面積」三個數學概念中所發展問題的類型，是參考林原宏、許淑萍 (2003) 的研究，將數學乘除問題分爲量數同構型、叉積型、比較型三種，其是依據 Vergnaud (1988) 模式的量數同構型及叉積型，再加上 Nesher (1988) 模式的比較型而來。故以下只針對此二種模式加以說明。

(一) Vergnaud 模式

Vergnaud(1988) 從度量空間和向度的觀點，將乘法的結構分爲三種。

1. 量數同構型：涉及到二個度量空間 M_1 與 M_2 的直接比例關係，每個度量空間包含二個相異的數，M_1 包含 x_1 與 x_2，M_2 包含 f (x_1) 與 $f(x_2)$，故其結構是探討四個值的關係。
2. 叉積型：叉積 (cross products) 是兩集合的積集合，由有序對所構成的集合。叉積型是由二個度度空間 M_1 和 M_2 的叉積合成，而產生第三個度量空間 M_3，屬這類的問題必須涉及到三個度量空間。依未知數所在的位置不同，可以分爲乘法問題和除法問題。
3. 多重比例型：涉及到三個度量空間 M_1、M_2 與 M_3，其中 M_3 度量空間與另外兩個獨立的度量空間 M_1 和 M_2 成比例關係。

(二) Nesher 模式

Nesher(1988) 參考 Vergnaud (1988) 和 Schwartz(1988) 乘法結構模式，將乘法問題分類爲以下三種：

1. 函數規則 (mapping rule) 問題。例如：小美有 4 盒糖果，一盒糖果有 13 顆，請問小美共有幾顆糖果？
2. 比較型 (compare) 問題。例如：小美有 5 本書，小強的書是小青的 3 倍，請問小強有多少本書？
3. 乘法叉積 (cartesian) 問題。例如：小美有 5 件上衣和 3 件褲子，由上衣和褲子搭配成外出服，請問小美可搭配出幾種不同的外出服？

而國內研究數學乘除法應用題的分類方式很多，大致可分爲以下幾種：

1. 依使用步驟的多寡來分（黃湘婷，2006）：(1) 單步驟問題。例如：小美有 5 本書，小強的書是小青的 3 倍，請問小強有多少本書？ (2) 二步驟問題。例如：小美有 5 本書，小強的書是小青的 3 倍多 2 本，請問小強有多少本書？ (3) 多步驟問題 (multi-step word problems)。例如：哥哥買了 3 瓶 2 公升的可樂，姐姐喝了 1.5 公升，弟弟喝了 1.3 公升，問還剩下多少公升的可樂？
2. 以語意結構 (semantic structure)來分（林原宏和許淑萍，2002；黃月平，2004）：(1)比較型。例如：小美有5本書，小強的書是小青的3倍，請問小強有多少本書？(2)叉積型 (product of measures)。例如：爺爺有一塊長方形的花圃，長爲12公尺、寬6公尺，請問爺爺的花圃面積是多少？(3)量數同構型 (isomorphisms of measures)。例如：將21本書，平分給3人，每人得到幾本書？(4)多重比例型 (multiple proportion)。例如：我家有5人，每人每天喝1.5公升的水，請問我家7天一共喝了多少公升的水？
3. 以情境來分（林碧珍，1991）：(1)倍數，(2)比例尺，(3)陣列，(4)組合，(5)面積。

四、電腦網路科技

電腦發明以來，一直被期許著能夠成爲輔助學生學習的一大利器，因此相關研究也就不斷的產生。Berger, Lu, Belzer 和 Voss (1994) 的研究指出，以電腦爲基礎的教育策略比其他方式來得更爲有效。除了電腦資訊之外，網際網路的發展更是提供了有助於學習的一個利器，網路技術打破時空的隔閡，也使獲得多元資訊更爲容易。網際網路所提供的是即時更新資訊，加上日益完善的教學入口網站，網路所提供的是一種多元超越的知識類型（林文生，2007）。Jonassen (1996) 的研究發現電腦及網路已成爲促進學生學習認知及後設認知的工具，而蔡今中 (2002) 的研究更指出網路可視爲超越認知與後設認知的工具。

教育部 (2000) 公布「中小學資訊教育總藍圖」，在國中、小教學中明訂資訊融入各領域教學，並占教學時數的 20%，且提出「班班有電腦」、「人人會上網」等願景，總藍圖的推動是以老師爲起始點，希望藉由老師帶動學生、學生影響家長，進而提昇全民運用資訊的能力與學習素養。九年一貫課程綱要（教育部，2003）中也提及現代國民所需的基本

能力包含了運用科技與資訊、主動探索與研究、獨立思考與解決問題。教育部 (2003) 並提及資訊教育所扮演的角色不只在課堂上，訊息教育旨在培養學生擷取資訊、應用與分析的能力，使學生具備正確資訊學習態度，包括創造思考、問題解決、主動學習、溝通合作與終身學習的能力。

吳明隆 (1998) 指出國中、國小訊息教育主要重點在於培養學生從電腦操作學習中，體會電腦使用樂趣與功能，進而將電腦視爲未來生活及學習不可或缺的工具，並應培養學生將電腦科技有效融入於學習歷程中，以提升學習效果，達到「重效率、高效能、有績效」的教育目的。林胤彤和廖本裕 (2007) 提到在網路教學的學習環境中，老師將教學活動的部份責任分給學生，可以相對提高學生的自主能力，也加重了學生的學習責任。學生能從傳統被動吸收老師講授的知識，轉換成主動積極建構知識的角色。

Kearsly (1996) 指出透過網路教學，學生可以從網路上學習搜尋資料或利用多媒體引起學習動機，網路環境也提供作品公開展示的空間，讓學生進行全球性的同儕合作學習。香港教育統籌局 (2001) 則認爲將資訊科技應用在教學有下列優點：（一）教師方便營造適合的學習情境，進而引起學生的學習興趣，讓學生探討問題，主動學習。（二）打破時空和地域的隔閡，讓學生能快速地獲得外界的資訊與數據。（三）提供一個分享經驗與作品的平台，培養和人溝通的能力及促進合作式學習。（四）提供一個互動式的環境，引起學生的學習興趣，讓他們更積極主動地學習。（五）增進思考、分析、解題能力。（六）促進創作及寫作能力。（七）培養終身自學的能力和態度。

電子佈告欄 (BBS) 易學易用，早期用在大專校園網路裡，提供給學生發表文章、討論問題。BBS 對教育有下列的功能：1. 提供教育家、學生與其他使用者做爲溝通的電子信箱服務；2. 能做爲學生在課程或教育家作研究的共享軟體；3. 內含目前使用者所提供的在限定或與相關領域主題上的資料檔案 (Eslick, 1993)。因此可以將 BBS 作爲學業輔導和輔導專欄之用（蘇庚役，1995）。

國內學者馬秀蘭透過 BBS 或網路討論板去進行許多數學主題之研究，她 (1999) 指出其好處如下：（一）學生有機會作自我反省及統整並學習容忍他人不同的觀點，學會欣賞別人好的想法。（二）藉由上網的樂趣能提升學生數學解題的興趣，不僅能分享他人在 BBS 上的資訊，並且能啓示或激發他們多元的想法，產生豐富的解題及推理。（三）因爲匿名，所以學生可以不用在乎別人看法，提出自己的問題、策略或想法，也愈知道如何發問或質疑，可彌補學生上課不敢或無暇發表的機會。（四）提供學生做數學的一個管道，且不受互動對象的影響及傳統教室時空的限制。

馬秀蘭 (2001) 之研究是讓學生透過校內網路上的 BBS，去練習發展有關數學加減法運算之「問題情境」；結果發現，上網的樂趣能誘發學生「做數學」的意願，且促成低數學程度學生從一般數學課堂上沈默的邊緣人，變成參加者。因此 BBS 可被視爲一個支援、協助低數學程度學生發展數學問題的管道。馬秀蘭 (2004) 之研究乃在透過 BBS，去促進學生做數學之意願，以培養其發展乘除問題的能力，並從問題情境中去瞭解學童對乘除法概念認知的程度，以及掌握不同問題情境的能力；結果發現，上網的樂趣能促使全體

學生在一學期的時間裡持續上網去發展問題，且拜 BBS 效益之賜，低學校能力者也願意投入數學的活動中，因此再次證明藉網路的 BBS 去促進學生「做數學」的意願是可行的，BBS 可被視爲一個支援、協助學校能力低之學生發展數學問題的管道。馬秀蘭 (2005) 的研究目的在探討國小五年級學生用匿名的方式透過網路討論板，在老師引導下，以小組合作方式進行與生活經驗連結的解題推理所發生之「協商交談」；結果發現，協商後產生比較令人容易了解與有效之合作成果。Ma, Wu 和 Yao (2006) 在實務推理的思考過程的研究中，也曾指出經由網路討論板來進行數學主題探究，可讓學生投入學習之情境中。

由上可知，BBS「隨時、隨地、任何人」的學習環境正符合現今教育的精神。學生可以在 BBS 上做開放性的討論及溝通，並且從一連串的內容記錄下，有機會作自我反省及統整，甚至於將自己的想法表達出來與同儕分享，與他人分享不同的觀點思考所產生的見解，不僅能加深個人的了解，也能增強概念的發展，並能刺激自己做其他方向的思考，概念會更多元化。

參、研究方法

一、研究對象

本研究以臺中市西屯區某國小高年級的一班學生爲研究對象，男生 16 人，女生 15 人，共有 31 人。該班從五年級開始即開始參與網路「生活中數學」的活動，並持續至六年級畢業。由於他們在五年級才剛開始接觸正規的電腦課程，故電腦使用能力不足，僅有部份同學具有一般文書處理、小畫家操作以及上網和網路瀏覽器使用的基本能力。因此固定於每星期二利用一節綜合活動時間（40 分鐘）在電腦教室參與本活動，其餘時間學生可在家自由上網參與。

二、研究工具

本研究所使用的工具有四種：察覺生活中數學之學習單、網路討論板、訪談工具、「生活中數學（一）、（二）」回饋問題。在此僅將與本文目的相關之工具—網路討論板—敘述如下。

本研究於網路上設立「生活中數學（一）、（二）」討論區，以作爲溝通、表達的管道。爲讓學生可以在沒有時間、空間限制下自由發言，研究者給予每位學生一個帳號、密碼，讓學生在完成註冊後，就可以在分組討論區瀏覽並發展屬於自己的問題。有帳號的人才可參與本活動，此登入系統的功能在於使用者爲自己的言論負責，以作爲本研究的一切依據。

三、研究步驟

活動實施的方式是由該班老師每隔一段時間上網佈題，學生可透過網頁瀏覽器 (web

brower) 隨時上網參與本活動。在本研究中學生可將其發表內容以文字或圖形方式呈現在網路上。

第一年研究（研究對象是五年級學生）：由網路「生活中數學（一）」活動中學生的「寒假生活數學日記」（馬秀蘭，2007b），研究者發現貨幣、時間、距離、長度、重量、容量和長度等是學生最常提到的數學概念。這些是學童熟悉的生活背景，因此研究者依據此結果，設計第二年研究中給學生發展問題的主題，其中「長度」因爲學生的感受力較強且較能靈活運用，所以改以長度的延伸概念「面積」來做爲問題發展的主題之一。

第二年研究（研究對象已是六年級學生）：研究者在網路「生活中數學（二）」所進行的活動是讓學生依主題進行問題發展。問題發展的主題有重量、容量、面積、比值（比率）、估算、逆向思考等；因本文只探討重量、容量、面積，故以下將以這三個主題爲主要研究分析之內容。

「生活中數學（二）」中依序佈下「最不一樣的數學—重量篇」、「大家來當老師—容量」、「酷、炫題庫—面積篇」主題，讓學生發展問題。但是研究者發現學生發展的問題大多偏向課本的問題方式，此與前人研究相吻合（如劉芳妃，1998）。由於學生的問題缺乏情境，故研究者另闢主題「能不能這樣寫—重量 2」、「神奇的空間—容量 2」、「好玩的單位變化—面積 2」，請學生在自己原本的問題中，加入生活情境去發展新的問題。研究者並舉例示範如何在學生原本發展的問題中加入情境，去發展新的問題，例如某一學生的問題爲「河馬 4 公噸，長頸鹿 1 公噸 800 公斤，請問共重多少公斤？」研究群將其加入情境後修改爲「今天小青一家人到木柵動物園參觀，小青看到告示牌上寫著河馬重約 4 公噸，長頸鹿重約 1 公噸 800 公斤，請問二隻動物共重多少公噸？」

由於最初的「最不一樣的數學—重量篇」、「大家來當老師—容量」、「酷、炫題庫—面積篇」分別與後來的「能不能這樣寫—重量 2」、「神奇的空間—容量 2」、「好玩的單位變化—面積 2」發展的問題相似，故本文將以分析後三者的內容爲主。研究者除了與一位國小在職進修教師 T1（數學教育系教學碩士班研究生，教學資歷七年）一起作資料分析外，並請其他二位現職國小教師 T2 與 T3（教學資歷各爲十年和五年），共同進行資料的校正、比對及分析，以增加分析的信度。

肆、研究結果與討論

一、學生對重量、容量及面積所發展問題的乘除法類型

本文將依據 Reitman (1965) 的“有沒有定義已知 (given)”及“有沒有定義目標 (goal)”的「已知 - 目標」四種分類法，將有已知和有目標之問題視爲正確的數學題；其中又將乘除法問題中之「比較型」分爲常量未知、比較量未知、或基準量未知，「量數同構型」分爲基準量未知（3 的規則）、最終量未知（2 的規則），以及「叉積型」的複合量未知等。

(一) 重量

31 位樣本學生共發展出 27 題 (27/31=87%) 數學問題，其中 24 題 (24/27=89%) 爲正確數學題，3 題 (3/27=11%) 爲錯誤類型。正確題中扣除單一只使用加法、減法的 9 題、2 題後，使用到乘、除法的題目共有 13 題 (13/24=54%)，其中 1 題只使用到乘法、7 題只使用到除法、1 題使用到加法及乘法、2 題使用到減法及乘法、以及 2 題使用到乘法及除法二種運算符號。因此學生在重量上使用乘法而非除法之問題有 6 題，佔 46%(6/13)。重量乘除法題型分析如下（題數如表 1 所示）：

1. 量數同構型只有 3 題 (3/13=23%)，包括 (1) 基準量未知 1 題 (1/13=8%)：如 (GL1)「天天餐館每個星期要進貨，進一次蔬菜要 300 公斤 =500 元 因爲天天餐館這幾個月人比較多，所以一星期要進貨（蔬菜加水果）2400 公斤 天天餐館一星期一共要付多少錢？」(2) 最終量未知 2 題 (2/13=15%)：如 (BH1)「今天爸爸帶我去奶奶家玩，再路途中我看到 10 臺巴士，20 臺貨車，2 臺砂石車，6 臺計程車，巴士一臺大約 20 公噸，貨車一臺大約 6 公噸，砂石車一臺大約 30 公噸，計程車一臺大約 3 公噸，請問這些車加起來大約有多重？」
2. 叉積型共 0 題。
3. 比較型的題型最多，共有 10 題 (10/13=77%)，包括 (1) 常量未知共 7 題 (7/13=54%)：例 (GL5)「今天我們全家出去玩的時候，在玩遊戲的時候他們需要量體重，弟弟和妹妹就去量體重。發現…弟弟的體重是 40kg，妹妹的體重是 20kg，弟弟的體重是妹妹體重的多少倍？妹妹的體重是弟弟的多少倍？」(2) 比較量未知共 2 題 (2/13=15%)：如 (BH5)「阿杉買了一隻貴賓狗叫小白，小白的體重是 13 公斤，阿杉的體重是他的 3 倍多 27 公斤，請問小杉的體是多少公斤？」(3) 基準量未知 1 題 (1/13=8%)：如 (GL1)「今天健康檢查時，小思ㄉ體重是 32 公斤，小思ㄉ體重是小明ㄉ 6 倍，小明ㄉ體重會是多少公斤？」

表 1「能不能這樣寫 - 重量 2」之題型數量

類型	1. 量數同構型		2. 叉積型	3. 比較型		
素材	基準量未知	最終量未知		比較量未知	基準量未知	常量未知
正確的題數	1 (8%)	2 (15%)	0	2 (15%)	1 (8%)	7 (54%)

由上可知，學生對重量所發展的乘除問題之類型，最多爲「比較型」，其次爲「量數同構型」，沒有「叉積型」；其中又以比較型中的常量未知爲最多，共有 7 題，其它的題型就只有 1 至 2 題。學生在重量概念中所發展的題型，大多爲身邊周圍人物的體重比較，約爲總題數的 1/3，如「今天爸爸想知道他ㄇ的體重弟弟他 25 公斤 , 妹妹他 20 公今 , 媽媽她 60 公斤 , 請問媽媽的體重是弟弟的幾倍？那妹妹呢？」（註：「ㄇ」爲「們」的火星文，「今」爲「斤」的謬字）。

(二) 容量

31 位樣本學生共發展出 26 題 (26/31=84%) 數學問題，其中 22 題 (22/26=85%) 爲正確數學題，4 題 (4/26=15%) 爲錯誤類型。正確題中扣除單一使用加法、減法的各 1 題後，使用到乘、除法的題目共有 20 題，高達 91% (20/22=91%)；其中有 11 題乘法、0 題除法、4 題使用到加法及乘法、2 題使用到乘法及除法、1 題使用到加法及除法、以及 2 題使用減法及乘法二種運算符號。因此學生在容量上使用乘法而非除法之問題有 19 題，佔 95% (19/20)。容量乘除法題型分析如下（題數如表 2 所示）：

1. 量數同構型的題型最多，共有 14 題 (14/20=70%)，包含：(1) 最終量未知次數有 12 題 (12/20=60%)：如 (BH4)「今天家裡突然來了幾位客人，發現家裡沒有飲料，於是媽媽去商店買了 20 瓶 200ml 的汽水，請問有多少 ml ？」(2) 基準量未知的 2 題 (2/20=10%)：如 (BL3)「有一天小明要出去玩，他想喝果汁，他只知道兩公升的果汁 40 元，不過他要買 6 公升的果汁，請問要多少錢？」
2. 叉積型的共有 6 題 (6/20=30%)，均爲複合量未知的題型。如 (BH3) 「爺爺家有一個水池，它的高是 2 公尺，寬 8 公尺，長 10 公尺，請問這個水池的容積？」
3. 比較型共 0 題。

表 2「神奇的空間 - 容量 2」之題型數量

類型	1. 量數同構型		2. 叉積型	3. 比較型		
素材	基準量未知	最終量未知	複合量未知	比較量未知	基準量未知	常量未知
正確的題數	2 (10%)	12 (60%)	6 (30%)	0	0	0

由上可知，學生對容量概念發展的數學問題最多爲「量數同構型」，其次爲「叉積型」，沒有「比較型」的題型。此與前人研究相似，如林原宏、許淑萍 (2002) 探討學生發展問題之乘除類型，他們發現無論在單步驟或多步驟中，均以量數同構型最多；黃月平 (2003) 的研究指出，在乘除類型方面不管是乘除法或數字形式爲何，幾乎集中在量數同構型之 2 的規則（最終量未知）。

(三) 面積

31 位樣本學生共發展出 27 題數學問題，其中 22 題 (22/27=81%) 爲正確數學題，5 題 (5/27=19%) 爲錯誤類型。正確數學題中扣除只使用到減法 1 題外、使用到乘、除法的題目共有 21 題，共高達 95%(21/22=95%)。其中有 20 題使用到乘法，1 題使用到加法、乘法及除法三種運算符號（計算梯形面積）。因此學生在面積上使用乘法而非除法之問題有 21 題，佔 100%(21/21)。面積乘除法題型分析如下（題數如表 3 所示）：

1. 量數同構型共 0 題。
2. 叉積型的複合量未知有 20 題 (20/21=95%)。如 (BM4)「我家有一個大花園，長是 5 公尺，寬是 2 公尺，請問我家的大花園的面積是多少平方公尺？」

3. 比較型的比較量未知題型有 1 題 (1/21=5%)。如 (BH8)「有一塊方形土地的面積是 2000 公畝，如果小明擁有這塊土地的 1/4，問小明擁有多少公畝ㄉ土地？」

表 3「好玩的單位變化 - 面積 2」之題型數量

類型	1. 量數同構型		2. 叉積型	3. 比較型		
素材	基準量未知	最終量未知	複合量未知	比較量未知	基準量未知	常量未知
正確的題數	0	0	20 (95%)	1 (5%)	0	0

由上可知，學生對面積概念發展出的數學問題最多爲「叉積型」，其次爲、「比較型」，沒有「量數同構型」的題型，且學生發展的乘除法問題中共 22 題，均以乘法呈現，且題型幾乎集中在叉積型之複合量未知，題型較爲固化，大都爲給定長度求面積的題型。而情境多爲計算土地和周遭物體的表面積等。此結果可能是因爲學生在生活中不常接觸或使用「面積」概念，所以發展出的情境和題型大多仿照課本的題目，而課本在面積概念教材的安排，題目呈現大多爲叉積型或比較型之類型。

(四) 結論

1. 重量、容量、面積三種數學概念依學生發展出正確的數學題各爲 24 題、22 題、22 題，正確率各爲 89% (24/27)、85% (22/26)、81% (22/27)，其中以「面積」概念所發展出的正確數學題較少且題型較爲固化，大多爲「計算土地」。此結果與「數學學習單」的分析結果相呼應，其原因可能爲對現階段的學生來說，「面積」並不存在於他的生活之中，因而使用機率不高。
2. 重量、容量、面積三個數學概念的乘、除法題型各有 13、20、21 題，其中使用乘法而非除法之問題，重量有 6 題、容量有 19 題、面積有 21 題，分別佔 46%(6/13)、100% (19/19)、100% (21/21)。此與馬秀蘭 (2004) 研究相吻合，即學生所發展之正確乘法問題多於除法問題，且多數學生所發展的乘法問題之正確率均比除法高或差不多。學生發展之乘法、除法問題會因不同的數學概念而有不同的類型，「重量」概念集中在「比較型」的題型、「容量」概念集中於「量數同構型」的題型、「面積」集中於「叉積型」的題型，如表 4 所示。在量數同構型的素材中，最終量未知的題型較爲簡單（林碧珍，1991），此正可說明本研究的學生在發展「容量」及「面積」之數學問題時，會傾向發展量數同構型的最終量未知問題以及叉積型的複合量未知問題。
3. 重量、容量、面積三個數學概念發展出的乘、除法題型總題數以「叉積型」爲最多，有 26 題；「量數同構型」次之，有 17 題；「比較型」最少，有 11 題，如表 4 所示，此結果與黃月平 (2004) 的研究結果不盡相同，其指出乘除類型依比例多少，依次爲「量數同構型」、「比較型」、「叉積型」。此原因或許爲本研究設定在「重量」、「容量」、「面積」三個數學概念的研究上。

4. 學生發展情境大多集中於身邊人物，如：家人、學校的老師、同學等，此結果與馬秀蘭（2001，2004）的研究相似；她指出問題最常出現的場所也以學生最常去的場所爲主，如家裡、學校、動物園、餐廳、賣場等。其中「重量」概念的發展情境以身邊人物體重的比較占多數；「容量」概念的發展情境大多集中在飲料容量的計算上；「面積」概念的發展情境則以給予長度計算土地大小的題型爲最多。

表 4 乘、除法題型分布情形

類型	量數同構型	叉積型	比較型	總計
重量（共 13 題）	3 (3/13=23%)	0	10 (10/13=77%)	100%
容量（共 20 題）	14 (14/20=70%)	6 (6/20=30%)	0	100%
面積（共 21 題）	0	20 (20/21=95%)	1 (1/19=5%)	100%
總計（共 54 題）	17 (17/54=32%)	26 (26/54=48%)	11 (11/54=20%)	100%

二、學生對重量、容量及面積所發展問題的錯誤類型

本文參考馬秀蘭和林思行 (2003) 的研究，將學生所發展問題之錯誤類型分類爲 (一) 非題目：未完成的題目；(二) 邏輯不合：題意與事實不符或題目條件錯誤，產生矛盾；(三) 資料不足：給予的條件不夠，無法算出答案。並再以馬秀蘭 (2007c) 的「發展乘除問題知識」的「基模知識」、「語意知識」及「語文知識」來分析學生發生錯誤類型時的可能因素；其中「基模知識」是考量到以哪一種情境物件或結構類型去發展問題的知識，或已知數與未知數之間的關係，「語意知識」爲是否了解現實世界事物的知識及此事物相關的資料知識，「語文知識」指能用正確的中文表達出數學問題。茲將學生發展出的錯誤類型整理如下：

(一) 非題目，共 1 題。

題目敘述不完整。語文知識不足，如 (BL1) 有一天媽媽較小明去買菜，首先他先去肉舖買了 300 公斤的絞肉和 100 公斤的豬肉，後來他去菜店買了一把 40 公斤山東白菜和一把 20 公斤的青菜和一把 60 公斤。（重量）

(二) 邏輯不合，共 8 題。

1. 語意知識不足：學生缺乏與「容量」概念有關事物的知識，如不了解「公升」的意義以及錯誤的「形、體」知識（如正方形、圓形盒子），故無法正確表達題意。例如：

   (GM4) 妹妹他的房間有一盒很大的正方形盒子，裡面裝滿了水，裝滿一公升的水要 3.26，那他裝滿 20 公升的是多少公升？（容量）

(GL2) 媽媽要做蛋糕，有一個圓形ㄉ盒子他一公升是 22.3 公升 , 媽媽要選一個來裝水，他選長方形ㄉ盒子，把水裝滿一個長方形ㄉ盒子，那個盒子裝滿一公升 2.16，那他裝滿 10 公升是多少？（容量）

(GM2) 有一個老巫婆有大盒子，他裝滿一公升 6.11，那他裝滿 10 公升是多少公斤？那 5 公升ㄋ？（容量）

2. 基模知識及語文知識不足：未知數與已知數的關係（公頃與公畝）不清，以及不能用正確的中文表達出數學問題。如 (GL1) 爺爺有一個 20 公畝土地，換成公頃跟公畝的多少？（面積）
3. 語意知識不足：錯誤的面積（如遊戲室高爲 70 公分及面積是多少公尺？）如 (BH2) 一個梯形的遊戲室，上底爲 60 公分，下底爲 120 公分，高爲 70 公分，求面積是多少公尺？（面積）
4. 語意知識不足：錯誤的「形、體」知識（如正方形盒子）、錯誤的面積知識（面積是多少公分）。如 (GM2) 今天數學課時，在學校我拿了一個正方形的盒子 , 他的邊長 16 公分，那他的面積是多少公分？（註：「他」爲「它」之謬字）（面積）
5. 語意知識不足：錯誤的「形、體」知識（如長方形盒子），以及疏忽與面積相關的資料知識（如未清楚的表示所求爲表面積或單一面的面積，若要算表面積其條件也不足，缺高的長度）。如 (GM1) 教室裡，有一個很漂亮的長方形盒子長 24 公分寬 25 公分問這個盒子的面積是多少？（面積）
6. 語意知識不足：錯誤的「形、體」知識（如正方形盒子），以及疏忽與面積相關的資料知識（未清楚的表示所求爲表面積或單一面的面積）。如 (GM4) 妹妹看到一塊正方形盒子，他的邊長是 5 公分，請問這個正方形面積是多少平方公分？（面積）

(三) 資料不足，共 3 題。

1. 語文知識不足：不能正確的用中文表達出數學問題，如題目未清楚交代要算「誰」的體重。如 (GH4) 陳心參加騎大象活動，到終點時要測量體重，陳心目前 20 公斤，大象有 6 噸，會有幾公斤？幾噸？（重量）
2. 語意知識不足：對於「電梯的載重量」交代不清。如 (GH3) 爸爸到新光三越逛街，爸爸因爲要運動所以用走路的，後來回去，因爸爸很累所以就電梯到 1 樓，電梯當時種 510 公斤，而爸爸一樣能搭電梯，請問爸爸有可能幾公斤？（註：「種」爲「重」之謬字）（重量）
3. 語意知識不足：由已知無法求出目標，學生對於「容量」概念知識不足，忽略了量杯放進茶杯時仍有空隙，故未將條件交代清楚。如 (BM1) 爸爸想要買一個茶杯，只知道可裝 5 個 360 毫公升的量杯，請問這個杯子的容量有多少？（容量）

(四) 結論

1. 三個數學概念中，發展出錯誤類型題數依序爲重量 3 題、容量 4 題和面積 5 題。各數學概念的錯誤類型題數差異不大。

2.「邏輯不符」是學生最常發生的錯誤類型，共有 8 題。其中以「面積」的錯誤題最多，有 5 題，大多集中在長度和面積的單位不分，此與王選發 (2002)、許嵐婷 (2003) 的研究結果相似。從錯誤的題目中可看出學生無「形」、「體」的概念，例如 (GM1)「教室裡，有一個很漂亮的長方形盒子長 24 公分寬 25 公分問這個盒子的面積是多少？」從題目中不知學生要算的爲「單一面積」或「表面積」，若要算表面積其條件又不足，可見學生對「面積」概念不熟，導致對問題的思慮不夠細密與周全，以致寫出的問題也不夠完整。「容量」有 3 題，原因多出於學生對於「公升」所代表的意義不甚了解，且對問題的思慮不夠細密與周全，故無法完整且清楚的敘述題意。如 (GL2)「一公升是 22.3 公升…裝滿 10 公升是多少」等，都可看出學生對於容量的單位「公升」所代表的意義不了解。「資料不足」的錯誤類型共有 3 題，其中重量 2 題、容量 1 題。其原因爲對學生的已知條件考慮不夠周密，所以寫出來的題目因資料不足而無法作答。「非題目」爲學生最少發生的錯誤題型，只有 1 題，爲重量概念。這一位學生常在學生們上網參與活動時做些其他的事情（玩電動），故發生時間不足且思慮較不周的情況。

3. 在所有的錯誤類型中，依馬秀蘭 (2007c) 的「發展乘除問題知識」來檢驗，發現學生發展問題最常出現的問題爲「語意知識」不足，即對現實世界事物的知識及相關資料知識不足所引起。

三、研發「重量、容量、面積之生活情境的數學解題能力測驗工具」

(一) 選擇問題考慮之向度

文字題本身是一個特殊的文體，學生在解題時首先需整理題意，把「語文理解」轉換成「形式數學」，在轉換過程中，解題者本身的一般語意結構知識和相對應的數學概念，均扮演著重要的角色。當然文字敘述本身的複雜程度，也會影響解題的難度。而一個好的問題需在問題之中融入學生的生活語言和熟悉之生活事物（林文生和鄔瑞香，1999）。同時一般測驗工具的試題大多來自老師，在布題時易忽略生活情境或學校的次級文化及學生的用語，人類的知識，取之於生活，用之於生活，重視知識的生活面或應用面，是最自然的事情，所以爲了能更貼進學生的實際生活情況，故本測驗工具的試題取材來自於學生在「生活中數學 (二)」活動中發展出的題目，藉此研發出一份「以生活情境爲主的數學解題能力測驗工具－重量、容量、面積」。

選擇問題考慮之向度如下：

1. 數學內容：以學生對「重量」、「容量」、「面積」三個數學概念發展出的數學問題爲本工具的主要試題。
2. 情境物件：以學生生活周遭最常見的人、事、物爲本工具的問題情境。
3. 基模、語意、語文知識：考量問題之結構類型，以及是否符合生活實際狀況和語意的通暢。

(二) 測驗工具編製過程

研究者與其他三位國小教師（前已提及的 T1、T2 與 T3）由學生正確發展的 13 題重量題、20 題容量題、21 題面積題的乘除法題型中，各選出適當題數做爲本工具的測驗試題，其中因重量的題數較少，且面積的題型大多集中在計算土地上，因此再從「容量」中選出一題，故本試題的內容爲重量 3 題、容量 4 題及面積 3 題，共有 10 題。

1. 試題的初擬

(1) 重量：學生發展出的 13 題乘除法正確數學題中，有 10 題爲比較型、3 題量數同構型，考量學生經驗，故從中挑選出比較型之基準量及比較量未知各 1 題，及量數同構型 1 題。

(2) 容量：學生發展出的 20 題乘除法正確數學題中，有 14 題爲量數同構型、6 題叉積型，考量學生經驗，故從中挑選出量數同構型 3 題及叉積型 1 題，其中叉積型在解題時仍需熟悉比較型概念。

(3) 面積：學生發展出的 21 題乘除法正確數學題中，有 1 題爲量數同構型、20 題叉積型，考量學生經驗，從中挑選出 4 題，又將其中簡易的兩題合併，最後變成 3 題，主要均爲叉積型題型，但在解題時仍需熟悉量數同構或比較型的概念。

2. 試題的修正

從學生發展出的問題中選出十題，考量有些題目的敘述及表達比較主觀，不易被一般大眾所理解，或所用的量與實際生活不符合或題目過於簡易，所以研究者依據馬秀蘭 (2007c) 的「發展乘除問題知識」的基模知識（結構類型）、語意知識（事物表示）、語文知識（正確中文表之）作修正，再依 Polya (1945) 所提出解題過程的四階段：理解、策畫、實行、回想中的理解、策畫、實行三階段去延伸問題。同時學生所發展出的問題爲文字題，一旦編製成測驗工具時，解答者必須列出算法；考量測驗時計分標準易流於主觀，因此研究者將學生的題型修改爲填充題，方便客觀計分。本測驗工具共經過三次修正（2007 年 10 月、11 月、12 月），試題修改前後對照、修改原因及乘除類型之範例（第 10 題）如表 5 所示。

表 5 試題修改前後對照

題號	學生發展出的題目	修改原因	修改後的題目	乘除類型
10	今天健康檢查時，小思**勹**體重是 32 公斤，小思**勹**體重是小明**勹** 6 倍，小明**勹**體重會是多少公斤？	出現火星文（**勹**）；語意知識不足：以「人」來表示事物，但卻不認識與此物的相關事物（即「小明體重是 32/6 公斤」與現實世界小學生體重不符）。	今天健康檢查，小思的體重是 60 公斤，小思的體重是小明的 3 倍，請問： 1. 小思的體重是 (　　) 公斤。 2. 什麼人的體重比較重？ (　　)。 3. 小明的體重是 (　　) 公斤。	比較型

(三) 評分準則及方式

本研究測驗工具的評量主要是參考 Polya (1945) 所提出解題過程的前三階段（理解、策畫、實行）給分。十個題目中依題目的難易程度，再分成三小題，答對每一小題以 1 分計算，故每一題 3 分，本份測驗工具總分共計 30 分。

(四) 測驗工具試題性質分析

1. 研究樣本

以臺中市西屯區某國小五年級二班，共 60 位學生進行施測。

2. 信度分析

研究者分別於 97 年 1 月 2 日、1 月 11 日對 60 位樣本學生進行第一次、第二次施測，再透過 SPSS 軟體求出二者之積差相關係數，得到重測信度爲 .841，顯著性 **p ＜ .01，達到顯著水準，其如表 6 所示。

表 6 二次施測的相關摘要

	第一次	第二次
第一次	1	
第二次	.841**	1

**p ＜ .01

3. 效度分析

本測驗工具的編製是爲了瞭解國小學生對於生活情境中所遇數學問題的解題能力，故試題取自於學生自身生活情境所發展出的問題，與學生的生活背景相接近，並經教學經驗豐富的三位國小現職教師（前已述之 T1、T2、T3）檢驗試題內容。結果顯示這份施測試卷具有良好的內容效度。

4. 難易度、鑑別度

(1) 難易度 (difficult) 分析

本研究所採用的難易度計算方式爲根據受試者得分之高低排序，由最高分數向下取全體受試人數的 27% 爲高分組，從最低分數向上取 27% 爲低分組，再分別求出高分組和低分組在每題試題的答對率，最後求其高分組和低分組的平均數。平均數愈大，難度愈低（吳明隆，2006）。一般而言，在 0.4~0.8 間屬於非常優良的試題（簡茂發，1991）。

本測驗工具各題難度介於 .238~.850 之間（如表 7 所示），平均難度爲 .594，平均難度適中，故整體而言，是一份優良的試題。其中試題難易度大於 0.8 的有 2、6、7 三題，屬於難度較低的題目；小於 0.4 的試題有 8、10 二題，屬於難度較高的題目。

表 7 測驗工具試題之難易度

題號	難易度指數	題號	難易度指數
1	.688	6	.850
2	.825	7	.850
3	.794	8	.238
4	.494	9	.563
5	.650	10	.357

(2) 鑑別度 (discrimination) 分析

本研究所採用的鑑別度計算方式爲根據受試者得分之高低排序，由最高分數向下取全體受試人數的 27% 爲高分組，從最低分數向上取 27% 爲低分組，再分別求出高分組和低分組在每題試題的答對率的差異值。差異值愈大表示試題的鑑別度愈佳，差異值愈小表示試題鑑別度愈差（吳明隆，2006），一般而言，差異值在 0.2 以下，表示該題需要刪除或修改，高於 0.4 以上代表該題非常優良 (Ebel & Frisbie, 1991)。

本測驗工具鑑別度除了第 3、8 題以外均大於 0.3，其中 4、5、6、9、10 五題在 0.4 以上，佔整體的 50%，如表 8 所示，以內部一致性的鑑別度指標來看，本測驗工具屬鑑別度良好的試題，是一份優良試卷。再以點二系列相關係數來分析，個別試題與總分的相關程度，全部達到顯著相關，且相關指數均在 0.5 以上，故本試卷應屬於中鑑別度的試題。

表 8 測驗工具試題之鑑別度

題號	鑑別度	點二系列相關係數	題號	鑑別度	點二系列相關係數
1	.375	.595**	6	.663	.567**
2	.350	.621**	7	.300	.653**
3	.288	.645**	8	.275	.598**
4	.888	.658**	9	.625	.697**
5	.700	.675**	10	.413	.526**

**p<.01

伍、結論與建議

一、結論

（一）學生在「重量」、「容量」、「面積」三種數學概念發展出的正確數學結構題，其中乘法問題多於除法，而「重量」的正確數學結構題最多，「面積」的最少，且題型較爲固化。學生發展的乘除題目會依不同的數學概念而有不同的類型，「重量」概念集中在「比較型」的題型、「容量」概念集中於「量數同構型」的題型、「面積」集中於「叉積型」的題型。

（二）學生問題發展之情境大多集中於身邊人物，例如：家人、學校的老師、同學等；最常出現的場所也以學生最常去的場所爲主，例如：家裡、學校、動物園、餐廳、賣場等，其中「重量」概念發展的情境以身邊人物體重的比較佔多數。「容量」概念發展的情境大多集中在飲料容量的計算。「面積」概念發展的情境以給予長度計算土地大小的題型最多。

（三）重量、容量、面積數學概念中，「邏輯不符」的錯誤題數最多，有 8 題，其中「面積」有 5 題，「容積」有 3 題；「資料不足」的錯誤題型有 3 題，其中「容量」有 2 題、「重量」有 1 題；「非題目」的錯誤題數最少，各只有 1 題；其中「非數學」多發生於「容量」概念，「邏輯不符」多發生於「面積」概念。會發生錯誤類型的原因大多爲「語意知識」不足所引起。整體而言，發展出的錯誤題數最多的爲「面積」概念。

二、建議

（一）本文主要著重於「重量」、「容量」、「面積」三個概念，未來研究可往其他的數學概念作探討。

（二）本文由於受到研究的時間、人力及物力等條件的限制，只以臺中市某一國小高年級 31 名學生爲研究對象。未來研究可擴大到不同地區或不同年級作探討，這樣才能對數學教育提供更完整的建議與幫助。

誌　謝

本研究承蒙國科會專題研究計畫經費補助 (NSC 94-2521-S-275-001、NSC 95-2521-S-275-001、NSC 96-2521-S-275-001)，計劃主持人：馬秀蘭，特此致謝。本文爲該三年期計畫之部分研究成果。作者感謝碩士班研究生兼任助理研究員－陳雅苓協助本研究之進行。

參考文獻

一、中文部分

王選發 (2002)。**國小初年級學童面積學習之研究**。國立臺中師範學院數學教育研究所碩士論文。（未出版）

吳明隆 (1998)。電腦態度的意義及其量表內涵的探究。**訊息與教育，65**，48-55。

吳進寶 (2005)。**國小五年級擬題教學之研究 ~ 以整數混合四則運算爲例**。國立中山大學教育研究所碩士論文。（未出版）

李承華 (2002)。**擬題活動對國小五年級學生掌握數學文字題語意結構與解題之影響**。國立臺北師範學院數學教育研究所碩士論文（未出版）。

李嘉珍 (2000)。**協同數學成長團體下之教師佈題—以三位二年級教師爲例**。國立新竹師範學院國民教育研究所碩士論文。（未出版）

林文生 (1996)。**一個國小數學教師佈題情境及其對學生解題交互影響之分析研究**。國立臺北師範學院國民教育研究所碩士論文。（未出版）

林文生 (2007)。超文本課程 - 課程發展未來走向。**北教教育，60**，11-15。

林文生、鄔瑞香 (1999)。**數學教育的藝術與實務—另類教與學**。臺北市 : 心理。

林胤彤、廖本裕 (2007)。網路學園教學平台介面評估之研究 - 以臺東大學爲例。**教學科技與媒體季刊，79**，86-94。

林原宏、許淑萍 (2002)。乘除擬題能力測驗編製及其實證研究。**測驗統計年刊，10**，135-172。

林群雄 (2004)。**『教』與『學』之成長實錄—擬題活動教學融入國小三年級數學課堂之行動研究**。國立中山大學教育研究所碩士論文。（未出版）

林碧珍 (1991)。國小兒童對於乘除法問題之認知結構。**新竹師院學報，5**，211-218。

林碧珍 (2001)。協助教師實踐學生數學學習歷程檔案之行動研究。**新竹師院學報，14**，163-213。

邱瑤瑢 (2006)。**國小四年級學生對除法概念與其擬題策略之相關研究**。國立臺中教育大學教育測驗統計研究所碩士論文。（未出版）

香港特別行政區政府教育統籌局 (2001)。**IT 的角色**。取自 http://resources.ed.gov.hk/project_work/idea02.htm。

徐文鈺 (1996)。**不同擬題教學策略對兒童分數概念、解題能力與擬題能力之影響**。國立臺灣師範大學教育心理與輔導研究所博士論文。（未出版）

馬秀蘭 (1999)。**學童透過電子佈告欄系統進行數學解題之研究**。論文發表於中華民國第十五屆科學教育學術研討會。國立彰化師範大學，民國 88 年 12 月 17-18 日。

馬秀蘭 (2000a)。**數學解題之研究—以 BBS 爲工具**。論文載於八十九學年度師範學院教育學術研討會論文集，Vol. 2, pp.711-742。新竹國立師範學院，民國 89 年 12 月 2-3 日。

馬秀蘭 (2000b)。**數學問題情境發展之探討 - 以 BBS 爲管道**。論文發表於第十六屆科學教育學術研討會。國立臺灣師範大學，民國 89 年 12 月 8-9 日。

馬秀蘭 (2001)。透過電腦網路來發展數學加減法問題之研究。**科學教育學刊，9**(4)，375-399。

馬秀蘭 (2002)。**學校能力低之學生所發展之問題情境探討**。文章發表於中華民國第十八屆科學教育學術研討會，國立彰化師範大學，民國 91 年 12 月 13-14 日。

馬秀蘭 (2004)。數學乘除問題情境發展之研究 - 以 BBS 爲管道。**科學教育學刊，12**(1)，53-81。

馬秀蘭 (2005)。解題推理中協商交談之探究。**科學教育研究與發展季刊，39**，1-15。

馬秀蘭 (2006)。**由實務推理的問題發展中研發生活情境的數學解題能力測驗工具之研究 (2/3)**。行政院國科會專題研究計畫成果報告 (NSC 95-2521-S-275-001) 。

馬秀蘭 (2007a)。學生思考過程之探究：以實務推理爲例。**科學教育學刊，15**(4)，387-416。

馬秀蘭 (2007b)。**由實務推理的問題發展中研發生活情境的數學解題能力測驗工具之研究(2/3)**。行政院國科會專題研究計畫成果報告 (NSC 95-2521-S-275-001)

馬秀蘭 (2007c)。發展問題知識 - 以數學能力低學童對乘除法算式爲例。**高雄師大學報，23**，99-124。

馬秀蘭 (2008)。**由實務推理的問題發展中研發生活情境的數學解題能力測驗工具之研究(3/3)**。行政院國科會專題研究計畫 (NSC 96-2521-S-275-001)。

馬秀蘭、吳德邦 (1999)。國小高年級學生數學解題後設認知行爲之研究，**國立臺中師院學報，13**，371-410。

馬秀蘭、林思行 (2003)。**國小五年級學童發展問題能力之研究**。文章載於九十二學年度師範學院教育學術論文發表會論文集，1-35 頁。國立臺南師範學院，民國 92 年 10 月 24-25 日。

張淑怡 (2004)。**國小五年級學童容量概念之研究**。國立臺中師範學院數學教育研究所碩士論文。（未出版）

教育部 (2000)。**國民中小學九年一貫課程暫行綱要**。臺北：教育部。

教育部 (2003)。**國民中小學九年一貫課程綱要數學學習領域**。臺北：教育部。

梁淑坤 (1994)。擬題的研究及其在課程的角色。**國民小學數學科新課程概說（低年級）**。臺北：臺灣省國民學校教師研習會。

梁淑坤 (1995)。**師範生擬題行爲之研究**。行政院國科會專題研究計畫成果報告 (NSC 83-0111-S-023-007, NSC 84-2511-023-001)。

梁淑坤 (1997)。**擬題能力之評量：工具之製作**。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告（編號：NSC84-2511-S-023-006）。

許天維、鍾靜 (1996)。**新課程中年級重量教材的設計**。論文發表於八十四學年度數學教育研討會。嘉義師院。

許育彰 (2000)。探討高中生不同力學情境發現問題的研究。**明倫學報，4**，臺北市立明倫中學。

許國輝（譯）(1995)。Richard R. Skemp 著。**小學數學教育—智性學習**。香港：公開進修學院出版社。

陳伯黍（譯）(2003)。Arthur S. Reber 著。**心理學辭典**。臺北：五南文化出版社。

陳佩琦 (2003)。**國小二年級數學擬題教學實踐之研究**。國立中山大學教育研究所碩士論文。（未出版）

陳美芳 (1995)。**「學生因素」與「題目因素」對國小高年級兒童乘除法應用問題解題影響之研究**。臺北市：國立臺灣師範大學博士論文（未出版）。

陳美娟 (2004)。**六年級學童數學學習察覺能力教學之個案研究**。國立臺中師範學院數學教育研究所碩士論文。（未出版）

曾千純、謝哲仁 (2003)。面積概念的診斷與電腦動態化補救教學。**南師學報，37**，41-61。

黃月平 (2004)。**國小學童分數乘除文字題表徵轉換能力與後設認知之研究**。國立臺中師範學院教育測驗統計研究所碩士論文。（未出版）

黃湘婷 (2006)。**國小一年級學童解加減文字題表現之研究**。國立臺中師範學院數學教育研究所碩士論文。（未出版）

甯自強 (1993)。『建構式教學法』的教學觀：由根本建構主義的觀點來看。**國教學報，5**，33-41。

楊惠如 (2000)。**擬題活動融入國小三年級數學科教學之行動研究**。國立嘉義大學國民教育研究所碩士論文。（未出版）

鄔瑞香 (1996)。從一年級兒童的數學日記看評量。**國民小學數學新課程學習評量方法初探**，66-102。臺北 : 臺灣省國民學校教師研習會。

劉芳妃 (1998)。**合作擬題活動融入國一數學科教學之個案研究**。國立高雄師範大學數學系碩士班碩士論文。（未出版）

劉秋木 (1996)：**國小數學科教學研究**。臺北市：五南圖書出版公司。

劉祥通 (1996)。數學寫作教學策略初探。**國民小學數學科新課程概說（中年級）**，224-263。臺北：臺灣省國民學校教師研習會。

蔡今中 (2002)。**超越認知與後設認知的工具：運用網路爲「知識工具」以輔助教學**。ELTA 2002「網路學習理論與實務」學術研討會，新竹市：交通大學。

閻育蘇（譯）(1996)。**怎樣解題**（原作者：G.. Polya）。臺北市：九章出版社。

簡茂發 (1991)。命題方法和試題分析。**國教輔導，3**1(1)，2-13。

譚寧君 (1995)。面積概念探討。**國民教育，35**，14-19。

蘇耕役 (1995)。業餘 BBS 站在區域網路上之教學模擬。**資訊與教育雜誌，56**，31-39。

二、英文部分

Berger, C., Lu, C., Belzer, S., & Voss, B. (1994). Research on the uses technology in science education. In D. Gabel(Ed.), *Handbook of research on science Teaching and Learning* (pp. 466-490). New York: Macmillan Publishing company.

Brown, S. I. & Walter, I. (1990). *The art of problem posing* (2nd ED). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publisher.

Cai, J. (1995). A cognitive analysis of US students' mathematical performance on tasks involving computation, simple problem solving, and complex problem solving. *Journal for Research in Mathematics Education Monograph Series*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.

Cai, J. (2000). Mathematical thing involved in US and Chinese students' solving process-constrained and process-open problem. *Mathematical Thinking and Learning, 2*, 309-340.

Cai, J. (1998). An investigation of U. S. and Chinese students' mathematical problem posing and problem soving. *Mathematics Education Research Journal, 10*(1), 37-50.

Cai, J. (2003). Singaporean student's mathematical thinking in problem solving and problem posing: An exploratory study. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology, 34*(5), 719-737.

Dillon, J. T. (1982). Problem finding and solving. *Journal of Creative Behavior, 16,* 97-111.

Ebel, R. L. & Frisbie, D. A. (1991). *Essentials of educational measurement* (5th ED.). Ennlewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

English, L.D. (1997). Promoting a Problem-Posing classroom. *Teaching Children Mathematics, 4*(3), 172-179.

English, L. D. (1998). Children's problem posing within formal and in formal context. *Journal for Research in Mathematics Education, 29*(1), 83-106.

Eslick, K. M. (1993). *State of educational computer bulletin board system ◎ ms available to Southern California.* Unpublished master theme, California State University, Long Beach.

Gonzales, N. A. (1994). Problem Posing: A Neglected Component In Mathematics Courses For Prospective Elementary And Middle School Teachers. *School Science & Mathematics, 94*(2). 78-84.

Jonassen, D. H. (1996). *Computer in classroom: Mind tools for critical thinking*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, Inc.

Kearsley, J. E. (1996). The World Wide Web: global access to education. *Educational Technology Review, 5*, 26-30.

Knuth, E. J. (2002). Fostering Mathematical Curiosity. *Mathematics Teacher, 95*(2), 126-130.

Leider, D. E., & Jarvenpaa, S. L. (1995). The use of information technology to enhance management school education: A theoretical view. *MIS Quarterly, 19*(3), 265-292.

Lesh, R., Post, & Behr, M. (1989). Proportioning. In M. Behr, & J. Hiebert (Eds.), *Number concepts and operations in the middle grades* (93-118). Reston, VA: NCTM; NJ: Lawrence Erlbaum.

Leung, S. S. & Silver, E. A. (1997). The role of task format, mathematics knowledge, and Creative thinking on the arithmetic problem posing of prospective elementary school teachers. *Mathematics Education Research Journal, 9* (1), 5-24.

Levy, M. (1997). *Computer assisted language learning*. NY: Oxford University Press.

Ma, H. L. (2005). *Bulletin Board Systems － Another Supporting Channel for Helping Students Work on Mathematics.* Paper presented in International Conference on Education, Redesigning Pedagogy: Research, Policy, Practice. 30 May – 1 June, 2005. National Institute of Education, Nanyang Technological University, Singapore.

Martocchio, J. J., & Webster, J. (1992). Effect of feedback and cognitive playfulness on performance in microcomputer software training. *Personnel Psychology, 45*, 553-578.

Mayer, R. E. (1992). *Thinking, Problem Solving, Cognition.* New York: W. H. Freeman and company.

Mayer, R. E., Lewis, A. B., & Hegarty, M. (1992). Mathematical misunderstandings: Qualitative reasoning about quantitative problems. In J. I. D. Campbell (Ed.), *The nature and origins of mathematical skills* (pp. 137-154). Amsterdam: Elsevier.

McGregor, S. (2001). The e-learning curve. Profit: Business to business, 6(2), 58-66.

McIntosh, A., Reys, B. J., Reys, R. E., Bana, J., & Farrell, B. (1997). *Number Sense in School Mathematics: Student Performance in Four Countries.* Mathematics, Science, & Technology Education Centre, Edith Cowan University.

Morrow, L. M., & Gambrell, L. B. (2002). Literature-based instruction in the early years. In S. B. Neuman, & D. K. Kickinson(Eds.), *Handbook of early literacy research* (p. 356). New York: Guilford.

National Council of Teachers of Mathematics(1989). *Curriculum and evaluation standards for school mathematics. Reston,* VA: Author.

National Council of Teachers of Mathematics (2000). *Principles and standards for school mathematics.* Reston, VA : Author.

Nesher, P. (1988). Multiplicative school word problems: Theoretical approaches and empirical findings. In M. Behr & J. Hiebert (Eds.), *Number concepts and operations in the middle grades (pp. 19 -40)*. Reston, VA: NCTM.

Polya, G. (1945). *How to solve it.* Princeton, New Jersey: Princeton University Press.

Reitman, W. (1965). *Cognition and thought.* New York: Wiley.

Retrieved from: http://www.ascusc.org/jcmc/vo19/issuel/su.html

Rey, R. E., & Yang, D. C. (1998). Relationship between computational performance and number sense among sixth-and eighth-grade students in Taiwan. *Journal for Research in Mathematics Education, 29*, 225-237.

Rudnitsky, A., Etheredge, S., Freeman, J. M., & Gilbert, T. (1995). Learning to solve addition and subtraction word problems through a structure-plus-writing approach. *Journal for Research in Mathematics Education, 26*(5), 467-486.

Schloemer, C. G. (1994). *Integrating problem posing into instruction in advanced algebra: Feasibility and outcome.* Doctoral Dissertation, University of Pittsburgh.

Schwartz, J. T. (1988). Intensive quantity and referent transforming arithmetic operations. In M. Behr & J. Hiebert (Eds.), *Number concepts and operations in the middle grades (pp.41-52)*. Reston, VA: NCTM.

Silver, E. A. (1994). On Mathematical Problem Posing. *For the Learning of Mathematics,* 14, 19-28.

Silver, E. A., & Cai, J. (1996). An analysis of arithmetic problem posing by middle school students. *Journal for Research in Mathematics Education, 27*(5), 521-539.

Silverman, F. L., Winograd, K. & Strohauer, D. (1992). Student-generated story problem. *Arithmetic Teacher, 39*(8), 6-12.

Skemp, R. R. (1978). Relational understanding and instrumenal understanding. *Arithmetic Teacher, 26*, 9- 15.

Skinner, P. (1990). *What's your problem: Posing and solving mathematical problems, K-2*. Portsmouth, NH: Heineman.

Usiskin, Z. and Bell, M. (1983). *Applying arithmetic–A handbook of applications of arithmetic.* Chicago: University of Chicago, Department of Education.

Vanden Heuvel-Panhuizen, M. (1996). *Assessment and realistic mathematics education.* Utrecht: CD- β Press/Freudenthal.

Vergnaud, G. (1988). Multiplicative structures. In M. Behr, & J. Hiebert(Eds.), *Number concepts and operations in the middle grades (pp.141- 161).* Reston, VA: NCTM

Whitin, P. (2004). Promoting problem-posin explorations. *Teaching Children Mathematics 11*(4), 180-186.

Winograd, K. (1990). *Writing, solving and sharing original math story problems: Case studies of fifth grade children's cognitive behavior.* Unpublished doctoral dissertation, University of Northern Colorado, Greeley, Colorado.

Winograd, K. & Strohauer, D. (1992). *Student-Generated story problems. Arithmetic teacher, 39*(8), 6-12.

Writz, R. W., & Kahn, E. (1982). Another look at application in elementary school mathematics. *The Arithmetic Teacher, 30, 21-25.*

臺中教育大學學報：數理科技類
2008 年，22(2)，31-54

國小六年級學生運用網路寫作系統之個案分析

A Case Study of the Six Graders Using Web-Based Writing System

黃郁婷*
Yu-Ting Huang

（收件日期 97 年 8 月 21 日；接受日期 97 年 12 月 9 日）

摘　要

近年來，由於寫作教學實施的成效不彰，造成國小學生寫作能力普遍低落。因此，徹底落實寫作教學理論，並融入相關資訊科技作爲輔助，已是刻不容緩之事。有鑑於此，本研究首先分析並統整國內外有關寫作教學、網路與寫作之相關理論。接著，本研究將介紹「網路寫作系統」的發展目的與理念。此系統的功能主要是依據上述分析之寫作理論而設計，其目的在於利用網際網路提供學生一個公開發表文章與同儕相互回饋的環境。本研究以質性與個案研究的方式，探討此系統在一個國小六年級的班級中實施狀況。主要的研究結果如下：

1. 教師認爲實施網路寫作可提供學生發表、觀摩文章與相互回饋的環境，但在執行上發現學生較缺乏網路著作權與網路倫理的觀念。另外，提出增設榮譽榜機制以激勵學生學習的建議。
2. 在網路寫作系統中，這班級的同儕間書寫互動可歸納成「文章段落格式」、「文字修改」、「標點符號」與「文章內容」等類別。其中以文章內容的回應意見次數最多。
3. 三位焦點學生均喜愛以網路寫作的方式寫文章。此外，三位焦點學生之作品呈現不同風格。寫作程度較成熟的學生，其作品偏向傳統正規的寫作形式。而寫作程度較不成熟者，其作品中呈現非正式、口語化的寫作形式。

最後，依據研究結論，提出教學及後續研究的建議，以供參考。

關鍵詞：寫作教學、網路學習環境

*嘉義大學國民教育研究所博士生

Abstract

In recent years, due to the ineffectiveness of writing instruction, most elementary school students are not able to achieve a satisfactory level of writing skills. Therefore, there is an emergent need to implement the writing instruction based on some well-developed theories and strategies, and to assist the process of writing with some technology tools. As a result, this study first analyses and summarizes some of the current theories of writing and summarizes. Then, the theoretical underpinnings and practice of a "web-based system for writing" will be described. This system is designed and developed based on the theories of writing and writing instruction. The purpose of this system is to provide an on-line writing environment for students to present their compositions publicly and receive feedback from their peers. The study discussed the current implementation of this system by qualitative research methods. The findings from the research were as follows：

1. The teacher and students made suggestions about interfaces and functions.The teacher considered this system could provide an on-line writing environment for students to present their compositions and receive feedback from their peers. But student have no conception of the copyright conception. In addition to a points - accumulating system to encourage students' motivation.
2. The peers of writing interactions could be inducted some categories, such as "paragraph format", "words-revised", "punctuation marks" and "paragraph content".
3. Three students like writing by the web-based system. Besides, their works presented different styles. The more mature writer of modes writing was traditional and standard. The more mature writer of modes writing was informal and colloquialism.

Finally, based on the finding, the researcher presents pedagogical implications and topics for further research in the future.

Key words: Writing Instruction, Web-Based Learning Environment

壹、緒論

一、研究背景與動機

寫作是語文能力的最高層次表現，培養學生的寫作能力是教育主要目標之一。然而，綜觀國內外的相關文獻顯示寫作能力低落的情形一直存在著（ Scardamalia & Bereiter, 1986；杜淑貞，1986；教育部，1981；張新仁，1992），儼然已成爲教育上一大隱憂。目前之所以產生寫作能力低落的現況，探究其原因，主要是傳統寫作教室的限制以及傳統寫作教學與評量方面的缺失（張新仁，1992；謝春聘，1995；賴慶雄，1994）而造成現今寫作教學的困境。因此，進一步尋求其他工具的輔助已是刻不容緩。近年來，電腦科技與網路的快速發展，使得寫作得以突破以往的時空限制，同時提供教師寫作教學與學生寫作學習多元的輔助功能。根據國外學者 (Day, 1995；Bergland, 1996；Mehan et al., 1986) 指出，透過網路與寫作相結合，發展出網路化的寫作學習環境來輔助教師的教學及學生的學習。據此，本研究欲利用網路科技發展一套國小的網路寫作環境，將之實際運用於國小六年級寫作學習課程中，藉此探究學生運用網路寫作的情況，包括學生同儕間的書寫互動以及實施網路寫作歷程中的優點與限制。

二、研究目的

(一) 設計並發展一套可供同儕互相觀摩與回饋的網路寫作系統。
(二) 測試與評估本網路寫作系統以作爲提供系統修正之依據。
(三) 探討國小六年級學生透過網路寫作系統在寫作方面的歷程。
(四) 提供教師利用網路寫作系統的建議與參考。

三、研究問題

(一) 國小六年級教師與學生對於本網路寫作系統的改進建議爲何？
(二) 國小六年級教師對於實施本網路寫作系統的看法爲何？
(三) 分析國小六年級學生在網路寫作系統中與同儕間書寫互動情形爲何？
(四) 探討焦點學生運用本網路寫作系統的情形爲何？

貳、文獻探討

一、寫作理論及相關研究

近三十年隨著心理學的發展，寫作理論與實務的典範已經歷了三個階段的轉移：早期的「階段模式」(The stage model)，將寫作歷程劃分爲線性進行的階段；之後，隨著認知心理學的發展，研究焦點轉移到個體寫作的心智歷程之探討，亦即「認知歷程模式」(The cognitive process model)；近來，由於社會建構論與情境認知的影響，研究焦點轉移到寫

作任務的情境脈絡 (context) 與社會互動歷程爲社會互動模式 (The social-interaction model)。而完整的寫作活動不僅涉及個體心智內的認知歷程，也涉及了共享社會實體的溝通目的，同時也具有粗略的階段性的行爲表現 (Freedman, 1994)。此外，全語文教學的本質上是建構式的 (Grisham, 1993)，同樣也是強調學生學習與社會脈絡之間的關係，主張學生應該有眞實、自然與完整的語文情境，透過有意義、有目的的寫作活動來學習語文。

二、網路與寫作

由於資訊科技的創新與電腦網路使用的普及化，使得電腦網路結合教學已是必然的趨勢，而電腦網路在寫作的實際應用，可區分爲三大類，第一類爲網站基礎的線上寫作中心或實驗室 (On-line Writing Center ／ Lab)，第二類爲套裝程式的合作式寫作軟體，第三類爲融合網際網路功能的寫作活動。Nancy (2006) 指出電腦網路可提供寫作教學與學習多元輔助功能；可作爲一媒介或國際性平台，以進行概念的合作、對話、討論與溝通以及提供認知性的理解與意義之表達與發表空間（黃永和，1999）。在國內研究方面（林秋先，1998；李煙長，2000）指出網路寫作可以不受時空限制發表文章、同儕互相觀摩、可即時批閱等優點，同時也產生一些困難，諸如文書處理的困擾、新奇的心理、倫理規範、網路寫作教學及管理的技巧、學校的活動太多、網路的非同步傳輸、網路的不穩定性、線上傳呼濫用的情形、學生用假名註冊或重複註冊、寫作教材取得不易等。可見透過網路進行寫作教學的互動環境，可讓學生相互之間激發思想、產生靈感，但同時也會有一些限制，因此，在進行網路教學時，若能有教師有意義的教學引導，學生才能更有效地獲得學習。

參、系統建置

近年來，隨著資訊社會的來臨，資訊網路科技和傳播媒體的蓬勃發展，國內爲了因應趨勢，將「資訊科技融入各科教學」列爲目前教育改革的重點之一，希冀透過網路與寫作相結合，發展出網路化的寫作學習環境，來輔助教師的教學及學生的學習，期望能解決目前語文寫作的困境。基於此，本研究主要目的係設計及發展一個以 web-based 爲主的網路寫作系統，並將系統實際實施於國小之中，藉此探究學生運用網路寫作的情況。因此，本研究之過程符合一般「教學系統設計」(Instructional Systems design；ISD) 的主要模式。以下茲以「分析」、「設計」、「發展」、「實施」與「評鑑」等五個階段加以說明（圖 1）

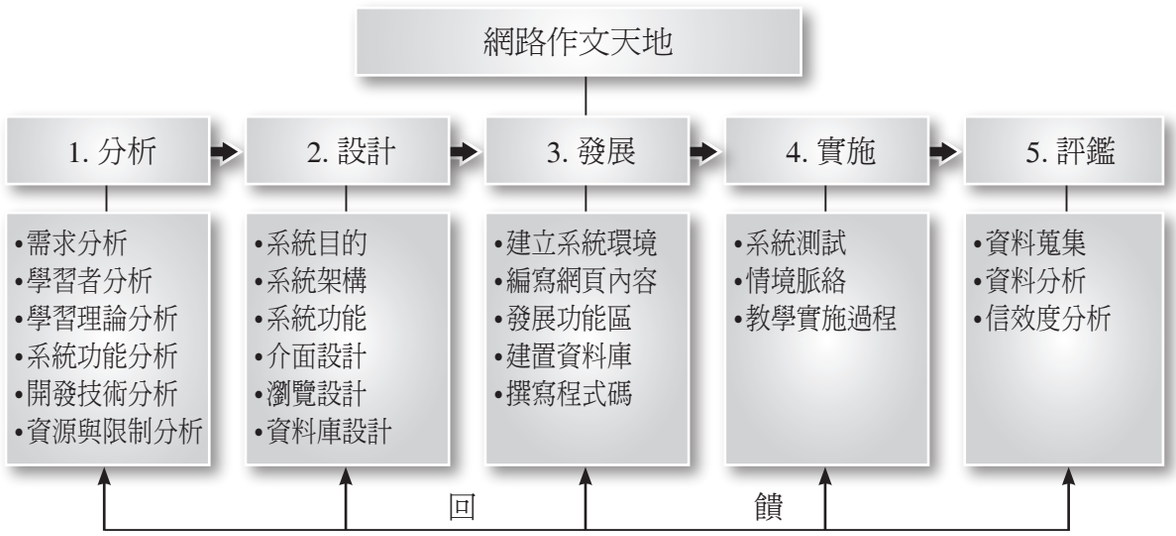


圖 1　教學系統設計模式（ Instructional Systems design Model；ISD)

一、分析階段

(一) 需求分析：

如何利用網路來改進寫作教學的方式，以引起學生的寫作興趣或動機，進而增進學生的寫作能力。

(二) 學習者分析：

班上學生的寫作能力以中上程度居多。另外，學生已具備基本的電腦操作能力，包括使用滑鼠、操作鍵盤、文書處理 (Word) 與上網。

(三) 學習理論分析：

彙集了寫作歷程理論與網路輔助寫作等文獻，進行歸納分析。

(四) 系統功能分析：

根據教學網站設計理念與學習理論的分析，歸納出本系統應具備的功能如：使用者線上註冊、成員的身份認證、成員權限等級、討論互動機制、成員資料管理、學生張貼文章與回應、教師批閱作品、教師寫作教學交流園地及發佈消息。

(五) 開發技術分析：

對於本研究所要開發的系統，所需要的相關發展技術、平台及開發工具進行分析了解。本研究以網路爲基礎，可分成兩大部分：1. 在瀏覽器前端（或稱客戶端，client-side）：Microsoft Windows 98、 IE 5.0。2. 瀏覽器後端部分（或稱伺服器端，server-side）：(1) 伺服器作業系統：FreeBSD Web。(2) 伺服器軟體：Apache。(3) 網路資料庫平台：MySQL。

(六) 資源與限制分析：

分析系統開發與實施時間所有可用的資源及限制。

1. 系統設計與開發階段：(1) 可用資源：PC 及伺服器一臺、FreeBSD、Apache、MySQL。(2) 開發人力：除研究者之外，另有系統規劃分析、設計開發三人。
2. 系統實施與評鑑階段：(1) 系統實施人員：兩人（級任莊老師、研究者）。(2) 限制：①參與者：僅以小楊國小六年三班學生爲實施對象。②實施時間限制：爲期一學期，每星期二下午第一節 (1:30~2:10) 時間，觀察學生的寫作與回應。③電腦擁有率：班上有 20 位學生家中電腦可上網。

二、設計階段

(一) 網路寫作系統之設計理念：

乃在於透過網際科技建構一套國小的網路寫作環境，作爲協助教師落實寫作教學理論的工具。此系統可提供一個發表與相互回饋的環境，讓學生在上課或課餘之時，不但可以隨時隨地發表自己的作品，更可欣賞同學們的文章，進而提出意見與回饋。透過此系統發表文章，學生面對的是眞實的讀者，藉由閱讀與回應其他同學的作品並參考同學給予的回饋，將有助於反思自己的作品。對學生而言，寫作不再是他與老師之間的溝通，而是包含整個團體的活動。在教師批改文章方面，由於學生彼此之間已經先批評與建議之後，才交由教師批改，而教師可在線上批閱學生的作品，毋須抱著笨重的作文簿回家批改，而教師批改過的文章，學生亦可立即在網路上看到自己的得分與評語，可提升批改的效率。此外，教師可透過網路寫作環境散發講義和教材，可省下大量紙張和複印的功夫。

(二) 系統架構：

將系統規劃成「學生系統」（呼叫同學、一般工具、主選單、問題討論、回饋活動、群組工具、撰寫日記）與「教師系統」兩個子系統，兩者功能相類似，但教師系統增加了幾個功能，例如：教師可管理學生帳號與資料、修改個人資料、公佈最新消息與學習活動、作文教學園地、發表文章於「教師作品集」以及批閱學生發表的作品。

(三) 系統管理功能設計：

帳號權限等級身分認證。

(四) 介面設計：

盡量以簡潔、便於操作、簡易之功能控制介面爲主；而在畫面方面，利用鮮明顏色讓畫面較鮮明、活潑；在字體大小方面爲 14px。

(五) 瀏覽設計：

在同一頁中應避免太多連結設計，故以開新視窗的方來呈現網頁。

(六) 資料庫設計：

包括使用者資料庫、發表資料庫、交流園地、公佈欄。

三、發展階段

(一) 軟體：

作業系統 FreeBSD、網站伺服器 Apache、程式語言工具 PHP4 和 JavaScript、網頁瀏覽器 Internet Explorer 5.0、資料庫軟體 MySQL。

(二) 硬體：

1. 本研究所使用之網路伺服器（ Server 端）配備及規格如下：
   (1) 主機板：ASUS P2B AGP
   (2) 微處理器 (CPU)：Intel Pentium Ⅱ 350 MHz with MMX Technology
   (3) 隨機存取記憶體 (SDRAM)：128MB PC100 168 pins DIMM
   (4) 硬式磁碟機 (HD)：IBM 8.4 GB 5400 轉
   (5) 網路卡：D-Link DFE 530 Fast Ethernet Adapter PCI
2. 本研究學生在電腦教室（ Client 端）所使用之個人電腦配備及規格如下：
   (1) 主機板：友通、LEO
   (2) 微處理器 (CPU)：AMD K6 2 350 MHz
   (3) 隨機存取記憶體 (SDRAM)：128、64、32MB PC100
   (4) 硬式磁碟機 (HD)：15GB、4GB
   (5) 網路卡：D-Link DFE 530 Fast Ethernet Adapter PCI

(三) 功能說明與畫面：

1. 學生之使用步驟
   (1) 進入作文園地 (http://write.yhps.tn.edu.tw) (2) 點選「個人作文簿」
   輸入帳號與密碼，即可登入學習

圖 2　首頁

圖 3　主選單

(3) 按下「新增」一篇作文

圖 4　個人之所有文章

(4) 先輸入作文題目，再按下「新增」

圖 5　輸入作文名稱

(5) 開始編輯文章，文章完成按「存檔」

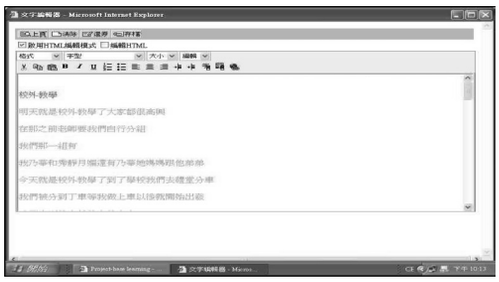


圖 6 編輯文章畫面

(6) 文章編輯完成的畫面展示

圖 7 展示文章

2. 觀看全班的文章之步驟

(1) 選定作品展示後，按「我要回應」對文章做回應

圖 8 回應文章

(2) 開啓回應的畫面，寫入回應

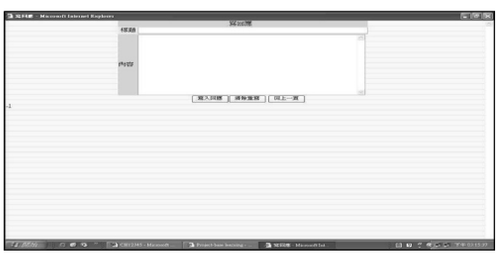


圖 9 寫入回應

3. 教師批改學生作品的步驟圖

(1) 點選所欲批改的的學生作文簿

圖 10 全班作文簿收集區

(2) 按下「修改」

圖 11 學生作文簿的文章

(3) 學生作文簿第九篇的內容，按下左上角的「編號」

圖 12 學生文章之展示

(4) 選擇字型顏色爲紅色，即可批改

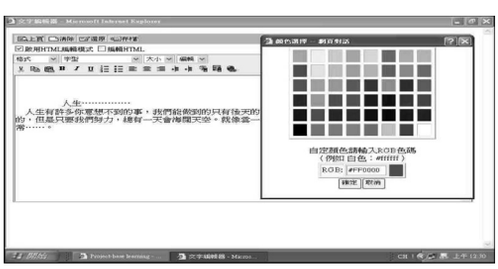


圖 13 選擇批改的顏色

(5) 批閱完成後，按下「存檔」

圖 14　教師批改學生之文章

(6) 按下存檔出現完成畫面

圖 15　批閱完成

(7) 批閱完成給予此篇作文等第

圖 16　下小評

(8) 等第：佳作、不錯、努力、加油、再加油、寫太少 六種

圖 17　給予文章等第

四、實施階段

(一) 系統測試：

先設計一套雛型系統，以某國小六年級學生及老師先行試用，老師的做法是鼓勵學生利用課餘的時間，自行上網參與學習的活動。

(二) 研究的情境脈絡：

1. 研究場所：小楊國小位於嘉義市市區，學區附近交通便利，校地尚稱寬廣。在學校規模方面，學生約有 1400 餘人，教職員工 74 餘人，是一間大型學校，普通班 44 班，特教班 1 班，幼稚園大小班各一班，每班人數約 32 人，學校設有電腦、自然、美勞、音樂等專科教室，此研究場所的選擇，主要以校方與級任老師的意願爲考量，其中莊老師有合作進行網路寫作的意願，爲本研究資料來源。
2. 參與者：本研究以六年三班爲觀察對象，該班的級任老師及學生自然是參與活動的主要對象，級任莊老師，男性，約 35 歲，嘉義大學師資班結業，約有 5 年的教學經驗，主要教授的科目爲國語和數學。而六年三班共有學生 31 名，男女各半，因地處市區，學生家長大部分從事工商職業，學歷以高中畢業居多，社經地位中等。而本研究選擇的三位焦點學生是依據寫作程度較爲成熟，寫作程度中等、寫作程度較低進行深入的觀察與多方面資料的收集。

(三) 實施過程：

此系統在六年三班實際實施，實施方式經過數度調整與修正如下：

1. 教師爲了提供學生不斷的書寫的機會，除了作文課之外，同時也讓學生利用午休到電腦教室寫作。此外，亦可利用課餘時間自行上網寫作。
2. 老師盡量不掌控學生寫作的主題與類型，鼓勵學生自己選定題目，除了正式的作文書寫活動外，寫作活動還包括日記、詩、讀後心得的書寫。
3. 教師從學生選定主題到完稿的過程當中，適時從旁協助、給予學生學習支柱，提供寫作意見或引導，協助學生建立寫作信心，學習有效的寫作策略。
4. 學生去觀摩其他同學的作品並且給予評語或建議。教師定期在課堂上以匿名方式選取數篇學生作品，讓學生以小組討論的方式進行回饋與建議。
5. 學生參考回饋與建議進行文章的修改，並將修改後的文章發表於本系統上。
6. 教師評閱學生修改完成的作品，並給予評分與評語。

五、評鑑階段

本節旨在說明本研究的評估階段，包括選擇研究方式的理由、研究資料的蒐集方式以及資料的整理與分析，最後介紹本研究的可信賴性檢定作一說明：

(一) 研究方法選擇：本研究將深入的了解實施網路寫作過程，透過現場的參與觀察、多元資料的蒐集與分析過程，完成對研究主題的深入瞭解。

(二) 資料蒐集分析：六年級學生在網路寫作系統中與同儕間書寫互動的情形。

(三) 資料分析對於寫作作品的分析進行比較廣泛、深入的資料蒐集。

(四) 個案研究的信效度：本研究係以 Lincoln & Cuba(1985) 標準採用可信賴性 (credibility)、客觀性 (confirmability)、可遷移性 (transferability) 及可靠性 (dependability) 的方式。

肆、研究發現與討論

本章共分爲五部分，第一是探討國小六年級師生對於本網路寫作系統的改進建議；第二歸納教師對於本網路寫作系統之看法；第三是分析國小六年級學生在網路寫作系統中與同儕間書寫互動的情形；第四針對焦點學生運用本網路寫作系統的情形加以探究；第五則是針對研究發現提出討論。

一、本網路寫作系統的改進建議

本節將針對國小六年級教師與學生對於本網路寫作系統的改進建議做歸納。以下就「螢幕視覺設計」、「使用介面」與「系統功能」三方面來探討。

(一) 螢幕視覺設計方面：

1. 螢幕的版面配置：建議能盡量一致化，固定左邊的連結區與上面的圖示按鈕區（圖 18）*「如果能固定左邊連結區與上面圖示按鈕區會比較好 (T911028)」*
2. 螢幕的視窗設計：應設計爲同一模式，全部以跳出新視窗的方式。*「有時會彈出新視窗，有時不會，要設定同一模式才對！ (T911028)」*
3. 文字顏色與背景顏色的搭配：還算適當。
4. 文字大小：文字大小適中、清楚，但是字距間以及行距間有一點擁擠，建議可加寬（圖 19）*「這大約有 14 字算是適中，但文字看起來有點擠 .. 看看是不是把行與行的間距拉大一點…文字大小用整體規劃會比較好 (T911028)」*

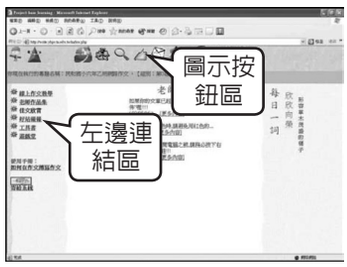


圖 18 螢幕的版面配置

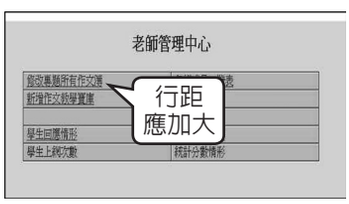


圖 19 行距加大

(二) 使用介面方面：

1. 圖形設計：應設計可愛且簡單易懂的圖形來美化版面，如此可增加學生在使用上的親和力。*「圖案似乎有點過於單調，不夠 friendly ！感覺沒有整體設計…如果可以設計一些可愛一點的圖案，學生們會比較喜歡 (T911028)」*
2. 按鈕設計：圖示按鈕應與功能相配合或加入文字說明。由於圖示按鈕必須以滑鼠觸碰才能顯示文字說明，對學生而言，圖形的功能和代表的意義無法一眼辨識！因此教師建議圖示應該讓人一目瞭然，看到按鈕就知道功能或是加入文字說明（圖 20）。
3. 文章修改之介面：教師批改和學生修改文章之介面的紅色數字鍵按鈕直接加上文字「修改」以標示（例如：「 ►1433 修改」）（圖 21）。*「批改文章的時候，不是只按「修改」按鈕而已，還要按紅色的數字鍵 {「 ►1433」}，建議加上文字標示會比較清楚 (T911028)」*

圖 20 圖式按鈕設計不明顯

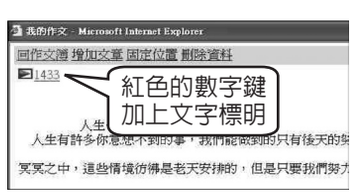


圖 21 文章修改介面

(三) 系統的功能介面：

1. 文字編輯方面：師生共同希望能在 Word 編輯文章之後，直接複製到網路寫作系統的文字編輯器，不希望從 Word 貼到記事本後，再貼到文字編輯器。
2. 瀏覽文章方面：建議系統能增加自動換行的功能。由於系統沒有設計自動換行的功能，有時候在瀏覽文章時必須使用捲軸觀看，因此，師生希望系統能增加自動換行的功能。
3. 教師批改之介面：教師建議能增加一些作文基本的批改符號功能，例如：刪除線 (═)、優美詞句 (～～～)、兩句顛倒 (Ｓ)…等等。

4. 文章長度：資料庫有設限文章容量大小，建議放寬字數的限制。當學生的文章作品出現「 %」或是「 &nbs」這些符號，表示文章超過資料庫所預先設定的容量，系統就會切斷文章。
5. 回應介面：
   (1) 建議系統增加無標題的超連結：才不致於因爲學生沒寫回應標題而看不到內容（圖 22）。
   (2) 建議系統能增加過濾不雅文字的功能：學生有時基於開玩笑的心態會故意寫一些不好聽的字句，而教師擔心其他學生會有樣學樣，因此提出系統能增加過濾不雅文字的功能。

圖 22 未寫標題

   (3) 建議系統能提供檢查回應文章的字數以避免學生回應文章太敷衍：開學時教師有特別教導學生該如何回應他人的文章，例如：段落分明、佳句引用不錯等，但還是發現有些學生回應文章太過敷衍，無法具體回應他人文章優劣之處，因此建議系統能提供檢查回應文章字數的機制。
   (4) 建議回應文章區的設計，系統能另開一個視窗或分割成上下兩個視窗：當學生回應別人文章時，必須先將文章瀏覽一遍再回應，可是看過之後容易就忘記，而必須再回上一頁去看。因此建議按下回應文章的時候，系統會自動另開一個視窗或分割成上下兩個視窗（上視窗是瀏覽文章區，下視窗是回應區），才能使學生一邊看文章，一邊給回應。
6. 佈告欄區：教師建議佈告欄區可分成「最新消息」和「排行榜」兩種。
   (1) 最新消息是公告最新事項。
   (2) 排行榜是用來表揚學生的表現，建議還可以用顏色區分新增的訊息。
7. 帳號登錄與密碼：學生認爲可增設密碼查詢的功能，當忘記密碼時可以查詢。
8. 線上討論：教師認爲學生很少利用此功能，大都是利用口頭互動，但教師仍認爲這種即時性的互動區還是有存在的必要。
9. 電子郵件和線上傳呼：教師認爲這些功能看起來不錯，但因爲當初偏重於編輯文章與回應，沒有跟學生特別說明這些功能，所以學生都很少利用。
10. 工具箱（每日一詞、國語辭典、搜索引擎）：教師認爲「每日一詞」是不錯的功能，可以讓學生多學一個成語。而國語辭典和搜索引擎，方便學生搜索和查詢是蠻不錯的設計，但仍只有少數學生會使用。

(四) 其他：

1. 網址輸入：剛開始學生參與本系統時，必須用英文輸入網址，蠻多學生前一個月都無法熟練英文網址與特殊符號 (://) 的輸入，還需認識英文大小寫字母，由於鍵盤上的英文字母是大寫，某一部分學生看不懂，因此教師在白板上書寫網址時，改以英文大寫的方式，因此若能提供 IP 位址會比較方便。

2. 網路頻寬與連線品質不穩定，影響網路寫作的進行：從實施以來，網路線路不穩定這問題一直不定時的困擾著研究的進行，使得學生在使用本系統時會稍嫌不耐煩，若網路頻寬能改善的話，才不致於影響網路寫作的進行。
3. 教師評分方面：目前評語有「佳作、不錯、努力、加油、再加油」，教師認爲可再增加項目。

二、教師對於本網路寫作系統之看法

經過一個學期之後，教師對於實施網路寫作認爲有幾項優點，但也認爲限制不少，並提出一些建議。

(一) 教師認爲經過一個學期的實施，網路寫作系統對提升寫作教學的優點：

1. 網路寫作系統可以提供學生發表、觀摩文章與相互回饋的機會

在傳統的寫作教室中，學生必須在同時間同一教室的情況下才能進行寫作，若是學生想參考同儕的作品，不外是交換作文簿相互觀摩，或是由教師影印張貼在公佈欄，或是請學生朗誦等，這在實施上不是很方便。然而，透過網路寫作的環境，學生可以隨時隨地發表文章、觀摩同學作品和給予他人回應，達到互相觀摩切磋、分享想法的機會。當學生在觀摩同儕的文章時，可以參考其他同學的寫作格式、寫作段落、優美詞彙與成語等優點，並且經由同儕相互給予支援與提供意見之後，將其文章作適當的修改，如此可增加文章的流暢性，這將會有助於寫作能力的提升。*「以前的作文是學生都是在教室寫，學生寫完之後，就交給我。那現在這個網路寫作等於文章是展示給全班看，不必我再去影印張貼，現在全班都看得到，還可以給回應…像 Vicky 的文章版面看起來就非常整齊又美觀，我當時就有 show 給全班看，目的就是希望全班能效法 (T920116)」*

2. 由作品欣賞的引導可以訓練文章批判的能力

在網路寫作環境中，教師將同學文章作品的等第及寫作評語陳述於網路上，他認爲這種方式可以提供學生對於作品欣賞的指引，也讓學生體會到文章分數的評定標準。此外，他認爲學生多觀摩教師批閱過的文章作品，學生會漸漸學習教師的評語，進而應用在和同儕相互回饋的意見中，從中可以訓練學生的思考能力，進而日漸提升評斷文章優劣之能力。*「我有發現幾個學生的回饋還不錯，像＊憲 {Sharon} 就學我寫「流水帳」這種，會學我給的評語去給別人回應 {2002-11-19 14:19:53 Sharon 寫道：內容太少又不通順，寫的是流水帳，可以再加油 } 我覺得學生多去看我寫的評語，長時間下來，應該可以訓練學生思考，還有去評論一篇文章的好或壞在哪裡，能力應該可以提升 (T920116)」*

(二) 網路寫作雖有良好的觀摩、修改與回饋的環境，但在執行上仍有其限制：

1. 給予學生自主權的同時，卻導致寫作內容的真偽不易辨別

在以往的寫作過程中，學生是不被允許參考其他同學的作品，但是實施網路寫作

之時，教師鼓勵學生自由發表作品，並提醒學生能盡量多觀摩同儕的作品，參考其文章的優點，並將優點融入於自己的文章中。但在實施之後，有學生反應某某同學發表的文章是抄襲作文範本，或是複製網站以及其他同學的文章，因而造成教師在批改學生文章時，不僅要看內容，還要去辨別文章是否爲學生的原作，這使得教師的批閱工作更加困難。

2. 學生對於網路倫理與著作權的觀念薄弱

學生寫作回饋的過程中，所延伸出的負向人際互動，除了可以設計一套程式來過濾不雅文字之外，還需要妥善建立一套規範，使學生之間的互動都能秉持尊重的基本原則。另外，網路中的所有網路資源都很容易透過滑鼠複製，此時身爲教師者，應隨時提醒學生尊重著作權的觀念。*「當初有提過希望系統能增加過濾不雅文字的功能阿，常常講還是沒用，因爲一上網，按下右鍵就可以複製啦，我是覺得小學生對於什麼是著作權這種觀念還是不太懂 (T920116)」*

3. 多數學生的回饋意見仍不能確實指出修改的重點

教師認爲培養學生具備良好的回饋能力是需要長時間的，而且這是第一次實施讓學生在觀摩文章之後，相互給予同儕回饋意見，兩項因素使得回應的成效不彰。大部分學生給予的意見太過籠統，沒有具體地指出文章所需要修改的重點，多是針對錯別字提出建議；雖然教師認爲仍有極少數寫作程度較高的同學能深入針對文章內容提供改進之道，但此情況畢竟不多。*「剛剛之前我有提過，培養學生有回饋能力是需要長時間訓練的，現在才短短一學期，回饋能力要達到很好是不太可能 (T920116)」*

4. 少數寫作程度差的學生，其發表作品與回饋次數不多

少部分的學生由於家裡沒有電腦，而必須在學校才能進行網路寫作。他們都是以單指輸入中文，使得文字輸入佔據了大部分的時間，如此一來，這些學生的文書處理速度緩慢，以及拖延的學習心態，往往拉長了初步的寫作時間，以至於延誤其寫作回饋的次數。*「就是像 Gary、Paul 到現在都還沒有半篇，有幾個一、二篇的也沒去給回應，這幾個就是家裡沒有電腦，到學校也是用「一指神功」去敲，不過這幾個原本寫作程度就比較差，再加上打字速度又不快，所以能拖就拖， (T920116)」*

5. 實施的時間與地點方面

學區內的家庭比較屬於社經地位中等或較低的情形，家庭有電腦與網路兩者都有約佔 2/3，有時候必須趕課業進度，又加上電腦教室借用的機會少，能挪出一～二節課讓學生在校完成網路作文的機會不高，多半都需要學生在家中完成，因此對於家中沒有電腦或網路的學生會造成立足點的不平等。

(三) 教師對於實施網路寫作系統在寫作教學上的一些建議：

1. 增設榮譽榜的機制對學生的上網次數和參與學習活動應有激勵的作用

教師認爲網路寫作的用意是希望學生透過彼此的相互回饋活動中，提升學生之作文能力，但實施之後，發現部分學生不願用心做回饋，或是將相同之回應內容用於其

所觀看的所有文章（文句一直重複貼上的問題）。因此，老師認爲激勵學生回饋的動機才是解決之道，應該盡可能去做一些規劃及獎勵方式，例如增設榮譽榜（「積分制度」或「排行榜」），對學生的上網次數和參與回饋活動應有激勵的作用，希冀能提高學生發表作品與回饋文章的動機。

2. 實施方面

(1)實施的時間與地點方面：若學校行政上能配合，應該可獲得改善。

教師認爲實施網路寫作最理想的情況是，讓全班學生都能在家上傳作文以及進行交流與回饋，然後再利用作文課二節 80 分鐘的時間，由老師來檢討同學的文章與回饋內容。但是以目前的狀況而言，由於電腦教室借用的機會少，有時候又必須趕課業的進度，能挪出一～二節課讓學生在校完成網路作文的機會不高，多半都需要學生在家中完成，因此，對於家中沒有網路，甚至沒有電腦的學生而言，將會造成立足點上的不平等。如果學校行政上能配合的話，例如利用早自修或彈性時間到學校電腦教室上傳文章及回饋。再者，若教室增設幾臺有網路設備的電腦，讓學生平時可以有多一點時間從事網路作文活動，也是很好的解決之道。*「以本班目前而言，只能挪出一節時間來從事網路作文的活動｛電腦教室借用之問題｝，再加上有時候又要趕進度，還有，有一些同學家裡根本沒電腦，對他們會造成立足點上的不平等，又加上打字速度慢，往往在二～三個星期之後，才擠出一篇文章（唉），實施上眞的是困難重重啦！當然，如果能獲得學校行政上的配合，像是早自修、彈性時間能夠借到電腦教室，相信時間及地點的問題應該可以獲得改善 (T911111)」*

(2)實施的方式上：自訂題目適合寫作能力較佳的學生。

一開始實施自訂題目的方式，很多學生仍需教師訂定題目才會寫，因此，教師改採「部分命題」的方式（例如「偉大的○○」），在題目中空出幾個字，讓學生根據自己實際情形，把題目補足之後再進行寫作。教師認爲以部分命題的方式，一方面可以對學生有所限制，另一方面又能夠讓學生有自行選擇的機會，發揮想像力，亦可避免學生寫出文不對題的文章，又可適應個別差異。而教師提出自由命題方式難度較高，在實行上，對寫作程度較低的學生較爲困難。*「讓學生自訂題目是一個很好的寫作教學方法，可以讓學生抒發自己平常的情感或看法，只是學生程度不一，有些學生題目常常想不出來，沒辦法決定寫作方向…可能要用傳統作文多加練習，來增加他的寫作能力。所以，之後我都是採部分命題的方式，希望有一些限制，但又可以適應個別差異，不至於天馬行空的亂寫 .. 自訂題目的方式可用在寫作能力較佳的學生 (T911111)」*

3. 若學生家庭狀況佳或以後電腦更普及化，網路寫作是十分不錯的教學方式

由於少數學生家中沒有電腦，教師爲了避免學生在立足點上的不平等，就目前而言，他個人比較傾向傳統寫作。但是他也強調若是學區中家庭狀況佳或以後電腦更普及化了，那麼網路寫作將會是十分不錯的教學方式。此外，教師認爲補強學生的基本

書寫能力、字跡工整、筆劃正確等幾方面，還是需要用手寫才會有效果。*「我們班約有 7~8 個家裡沒電腦，那當然就沒有網路啦！實施網路寫作對他們有些不公平，我是希望每一個學生都能平等，所以以現在來說，我偏向傳統寫作。不過等電腦更普及化的時候，我會贊成以網路寫作的方式。還有，我個人有一個小小的看法，我們不能太依賴電腦，因爲像學生的筆劃，字體工整，這些是電腦沒辦法作的，一定要手寫的 (T920116)」*

三、在網路寫作系統中與同儕間的書寫互動情形

欲探討國小六年級學生在網路寫作系統中與同儕間的書寫互動情形，根據資料分析，可以歸納出「文章的段落格式」、「文字的修改」、「標點符號的指正」以及「文章內容」等四個類別，在學生的回應內容裡面有時會包含以下數個類別，並非每次的回應只會有一個類別，茲分述如下：

(一) 文章的段落格式：

可分爲「文章未分段」與「文章版面未調整」。在寫作的初期，班上很多同學都沒有注意到文章的格式，但經過老師的示範指導後，馬上成爲同學彼此之間相互回饋的熱門方式。

1. **文章未分段**：係指文章中沒有段落的區分。例如：「要分段，一段前要空兩格沒有段行 (Wayne)」、「請把格式用好 (Lorina)」
2. **文章版面未調整**：文章版面沒有經過調整，需利用捲軸才能觀看文章。例如：「內容很好，但是表現的樣子實在很長 (John)」、「文章可弄短一點 (Frank)」。

(二) 文字的修改：

文字的修改可分爲「挑出錯別字」、「建議更改文字的顏色」與「建議修改字體大小」三種，其中同學之間的回饋多半偏向對文字的修改。

1. **挑出錯別字**：讀者針對寫作者的文章挑出錯字。例如：「你有好幾個字都打錯了 (Lindy)」、「繼續加油！你文章的錯字很多 (Lorina)」。
2. **建議更改文字的顏色**：讀者希望寫作者能更改文字顏色，使他人能看清楚。
   例如：「顏色請用黑色 (Lorina)」、「你顏色好淡喔，我眼睛看不清楚 (Heather)」。
3. **建議更改字體大小**：讀者認爲寫作者的文章字體可再加大一些。例如：「字可以大一點這樣會比較好 (Wayne)」

(三) 標點符號的指正：

希望寫作者能擅加利用標點符號。關於指正文章標點符號的情形並不常發生，剛開始主要是因爲學生不太熟悉網路寫作系統中標點符號的使用，但是經過一段時間的寫作之後，學生對於標點符號的使用就比較熟悉，因此，關於標點符號的指正回饋一直並不多。例如：「句子都太長，多利用標點符號喔 (Jean)」、「逗號不要亂給，呢的後面應該是問號

才對 (Jenny)」。

(四) 文章的內容：

關於文章的回饋內容可分五種：「讚美」、「批評」、「感想」「鼓勵」及「其他」。

1. 讚美：是指讀者對寫作者的文章作品表示欣賞之意。剛開始學生對文章內容的欣賞，大致是對文章整體的感覺，所以會寫得非常籠統，然而經過教師示範如何相互回饋之後，學生漸漸地對文章會依據文章特定的點加以讚美。例如：「你寫的作文眞的很好 (Sam)」、「我覺得你的文章很豐富 (Lorina)」、「你打的很生動而且段落分明 (Barry)」。
2. 批評：是指讀者對於寫作者的文章作品挑出毛病或缺點。其中，「批評」的內容可細分爲「內容太少」、「抄襲」、「不通順」、「文意不清」、「質疑」以及「補充」等五種。
   (1) 內容太少：讀者批評寫作者所寫的文章內容太少了。例如：「我覺得你這篇打得不太好，因爲字太少了 (Barry)」、「有點混喔！寫太少了 (Erik1)」。
   (2) 抄襲：讀者認爲寫作者的文章是從網路複製或是抄襲作文範本的。例如：「是抓來的吧 (Scott)」、「這篇你是看書寫的 (Sharon)」、「你打的文章不是作文的格式而是問答的形式希望你能夠自己發揮不要抄襲別人 (Jenny)」。
   (3) 文意不清：讀者認爲寫作者的文章不完整、不通順或文不對題。例如：「你寫什麼我看也看不懂 [請你] 寫出更好的文章 [再] 拿出來 (Fanny)」、「內容太少又不通順 (Sharon)」、「第三段有點文不對題 (Lorina)」、「第一段 , 你說你背起 < 餅乾餅乾 > 的背包 , 應該說是你背起裝滿餅乾的背包 (Lorina)」。
   (4) 質疑：是指讀者對於寫作者所寫的文章有不明白之處，或是覺得文章內容可能不符事實而提出疑問，質疑可以讓寫作者再次去思考自己的寫作內容。例如：「故事有點假 (Ruby)」、「你眞的不會暈車？你眞的很想再去？ (Jim)」。
   (5) 補充：是指讀者認爲寫作者的文章尙可，但仍希望寫作者能對所寫的文章內容再增補或多充實一些。例如：「可以介紹多一點尊重別人的方法呀！ (Fanny)」、「你的興趣可以再敘述多一點，好一點，讓別人可以更清楚了解，(Lindy)」、「可以把玩的心情充分的寫出來 結尾可以再加長 (Wayne)」。
3. 感想：是指讀者對於寫作者的文章有所感想或心得，其中可細分爲「認同作者」與「不認同作者」兩種。其中認同作者的想法是讀者認爲文章和自己觀點能引起共鳴，透過此種的回饋互動能有助於文章的思考寫作。
   (1) 認同作者的想法：讀者認爲文章和自己觀點能引起共鳴。例如：「你作文裡有提到爲甚麼不能帶遊戲卡 , 我也是那麼覺得 , 因爲大家也想帶自己喜歡的東西去學校玩 , 所以你提到這個問題很好 . 不錯 (Jean)」、「看的出你媽眞的很辛苦，希望你能如同你寫的作文一樣 (Ruby)」、「妳有百寶箱眞好 . 羨慕 .(Jean)」、「你有這麼貼心的朋友，我眞羨幕你 (Ruby)」、
   (2) 不認同作者的想法：讀者對於寫作者文章中的觀點表示不贊同。例如：「你會不會瘋掉 (Samantha)」、「你腦筋有問題要不要看醫生別再亂想了 (Jenny)」。

4. **鼓勵**：是指讀者對於寫作者所寫的文章不作負面評價，只給予鼓舞勉勵。例如：「回應你的人還眞多，你可要繼續加油 (Lorina)」、「你…打的有點不完整是不是趕時間ㄋ？希望你在加強 ?! (Jane)」、「你的想像力很豐富 , 可惜沒有應用在寫作上 , 如果你應用在寫作上 , 相信你一定會表現更好 (Heather)」。
5. **其他**：表示讀者所回應的內容與寫作者的文章作品本身是無直接關係。另外，還有作者本身的回應。
   (1) 與文章無直接相關之讀者回應。例如：「 You are a good student. 我眞心對你說的一句話 (Jane)」、「嗨你好ㄚ最近過的好不好ㄚ！我覺得你很《考挖一》耶 (Samantha)」、「我非常佩服你 你可以寫這麼好的詩我們四個人雖然沒有坐在一起可是友誼還是粉好喔你…是我在班上 { 最最最 } 崇拜的人ㄜ無論在寫作 . 做事態度 . 待人處世…等方面 我可是ㄏㄨㄧ常崇拜你的耶！不是拍馬屁ㄉㄧ！ (Lorina)」、「我看過你寫給我的回應了 你太誇獎我了啦你眞厲害 竟然有辦法去抓會動的圖片有空的教教偶吧 (fanny)」。
   (2) 作者本身回應給自己：少數同學看到同學給自己的回應後，自己也回應給自己。例如：「我想我自己可能眞的太天眞了！ (Jeff)」、「抱歉我寫的太死板了 (Wayne)、「謝謝大家的回應和支持 (Wayne)」。

四、焦點學生運用本網路寫作系統之情形

此部分將針對寫作程度不同的三位焦點學生之寫作情形做一深入探討，此三位焦點學生是從莊老師那裡得知，再加上研究者三個月的參與觀察，在這其間反覆閱讀、整理所蒐集到全班性的寫作資料，並參考學生之前的作文簿，逐漸將焦點聚焦在這三位學生，分別是寫作程度較爲成熟的 Wayne，寫作程度中等的 Vicky，寫作程度較不成熟的 Cherry。以下將針對三位焦點學生進行深入的觀察與多方面資料的收集，包括其個案背景（外表、個性、家庭）、電腦設備的有無、教師個人看法以及課堂寫作活動的情形等，簡述如表 1：

(一) 焦點學生之共同情形：

1. **焦點學生喜愛以網路寫作的方式寫文章**

   網路寫作的實施受到焦點學生的喜歡，Cherry 認爲可以自由的寫作、可以貼上圖片、可以觀摩同儕的作品並且可以給予回應。而 Vicky 認爲可以不限制題目與字數、可以調整字型顏色。Wayne 則認爲可以利用電腦打字使字體工整並可練習打字速度，三位學生均喜歡以網路寫作方式寫文章。

2. **希望能在 Word 編輯文章**

   三位學生均提到希望能在 Word 編輯之後，直接複製到網路寫作系統的文字編輯器，不希望從 Word 貼到記事本後再貼到文字編輯器。

3. **網路連線品質影響學生使用情緒**

   三位學生均提到網路很慢的問題，他們在使用本系統時會覺得網路常常塞車，情緒方面顯得稍嫌不耐煩，他們都希望網路能順暢一些。

表 1　三位焦點學生綜合分析

焦點學生	Wayne	Vicky	Cherry
• 個案背景	外表斯文，濃眉大眼，熱愛打籃球和電腦，是個外向、懂事、溫文有禮的大男生。 Wayne 在家中排行老二，家中成員有爸爸、媽媽、一個姊姊與妹妹。 他的父母對於他在學業上的表現以及各方才藝的培養非常重視，有安排他參加校外的才藝課程，有數學、英語及小提琴。	Vicky 是一個嬌小可愛型的小女生，個性方面屬於比較文靜、內向的，平常只和班上兩三位同學比較有互動而已。 Vicky 在家中排行老二，家中成員有祖母、爸爸、媽媽、姊姊和兩個妹妹。 Vicky 的父母對其課業採取比較自由的態度，沒有太過要求 Vicky 必須參加課輔或是才藝班。	Cherry 是一個開朗、活潑的小女生，有原住民的血統，輪廓相當深，尤其是那一對水汪汪且深邃的大眼睛。 她來自於一個基督教的家庭，每週日媽媽會帶她和哥哥去教會作禮拜，由於信仰的關係，使 Cherry 可以藉由參加教會的許多活動，有更多與人相處的機會，所以相較於同年齡的孩子，Cherry 顯得比較大方而不害羞。 由於父母平日忙於工作，於是安排放學之後參加校外的課輔班。
• 教師的看法	學業方面都很優秀是個品學兼優的好學生。	上課認眞、相當乖巧做事認眞負責。	天眞爛漫、純眞無邪的小女孩
• 寫作程度	寫作程度較成熟	寫作程度中等	寫作程度較不成熟
• 家中設備	有電腦、可上網	有電腦	有電腦、可上網
• 寫作情形	在家完成作文，並上傳到本網站。	在家完成作文，到學校上傳到本網站。	在學校當場寫作，再上傳到本網站。
• 打字速度	很快	中等	中等偏快
• 以前對於作文課的感覺	寫文章需要花很多時間思考，因此不喜歡	還算喜歡上作文課	本身喜歡寫事情，因此喜歡上作文課
• 選擇文章題目	喜歡由老師訂題目	由老師規定題目或是自己訂定均可	喜歡自訂題目
• 寫文章的方式	自認爲字體不夠工整，寫字速度慢，因此喜歡用打字的方式寫文章。	打字或是用筆寫在作文簿的方式均可。	打字可以方便修改並且可自訂題目，喜歡打字的方式。
• 上作文課方式	本身喜愛打電腦，因此喜歡網路寫作的方式上作文課。	以前傳統作文與現在實施網路寫作的方式均可。	喜歡現在實施網路寫作的方式上作文課。

焦點學生	Wayne	Vicky	Cherry
• 給同儕回應	先男生再擴展到全班	以好朋友爲主	沒有侷限特定對象
• 判斷自己文章優劣依據	以老師的評分爲主	老師的評分和同儕的回應兩者都重要	依據同儕回應人氣最多
• 修改	多著重分段、錯字和格式的修改	著重在增加內容的思考	沒有修改過自己的文章
• 個人作文簿中的內容	全部寫教師規定的題目	心情故事、 教師訂的題目	卡通、故事、眞實、 教師定的題目
• 其他偏好	沒有	偏好每一篇文章的字型變化色彩	偏好將文章的字體改變爲大字體、偏好圖文並茂

(二) 焦點學生之個別情形：

1. 有同儕的欣賞或回應，增進寫作興趣

Cherry 非常期待同儕能多觀摩自己的文章，同時也希望同儕能給予其文章進一步的建議與回應，以瞭解其他同學對自己文章的想法。另外，Cherry 也表示將自己的文章公佈在網路上，可以讓很多人觀摩，如果有同學覺得自己作品寫得很好時，她會有很大的成就感，也認爲寫作比以前有趣多了。

2. 對於寫作內容持保留的態度

由於實施網路寫作會將所有的文章作品公佈於網路上，Vicky 的個性文靜且內向，因而對於其寫作內容較沒有信心，有幾篇文章她並沒有公佈，深怕會受到其他同學的嘲笑，因此，Vicky 對公佈自己的文章持保留的態度。

(三) 學生作品呈現不同風格：

Wayne 的寫作程度表現在班上來說算是較爲成熟的，其書寫內容也是整齊而有條理，可以發現其文章比較偏向傳統正規的寫作形式，作品呈現出比較保守、中規中矩的寫作。而 Vicky 安靜而內向，在學習態度上比較小心翼翼，在文章版面的安排或是書寫的內容方面也都是整齊又有條理。相異於 Wayne 和 Vicky 來說，Cherry 開朗活潑而不拘小節的個性，在作品上有許多個人意識及變化，感覺比較勇於嘗試或冒險，但由於 Cherry 的寫作程度較不成熟，因此在其作品裡則明顯還呈現非正式偏口語化的寫作形式。

(四) 討論與回應：

關於給予同儕回應方面，Wayne 剛開始只觀看班上男生的文章並給予回應，後來的回應才慢慢擴展到全班。而 Vicky 先挑選好朋友的文章觀摩與回應。Cherry 則沒有侷限於某些特定對象。

(五) 評斷自己文章的優劣：

Wayne 是以老師的評分爲主，老師給予其文章的等第高，他就會認爲這一篇文章他

寫得不錯。Vicky 會以老師的評分爲主，同儕回應人氣爲參考，亦即她認爲老師批閱的分數與回應人氣次數同等重要。而 Cherry 則是以同儕回應的次數多寡爲主要評斷自己文章優劣的依據，她覺得她的文章有很多同儕給予回應，她就會認爲她寫出了一篇不錯的文章。

五、討論

針對研究發現進行討論，提出個人的一些看法：

(一) 學生的電腦能力與中文輸入速度會影響發表其作品與回饋文章的意願

研究發現有些學生發表的文章相當多，有些學生的回應次數相當多，但也有少數學生發表的文章和回應次數都很少的情形。這可能就如教師所說的，這些少數學生都是單指輸入中文，並且對排版不太熟悉，拉長了初步的寫作時間，而耽誤學生彼此的寫作回饋時間。研究者認爲在班上中文輸入速度比較快、電腦能力比較好的學生，其發表作品與回饋同儕文章會比較積極踴躍，反之則比較不踴躍。此結果與林秋先 (1998) 之結果相似。

(二) 過去的寫作教學不重視修改，因此學生沒有正確的修改觀念

研究發現學生不喜歡修改文章，大多傾向於錯字、格式與標點符號等表面形式的修改，此與趙金婷 (1992)、李嘉齡 (1995) 的研究發現類似。同時也發現學生不知如何修改，如同王萬清 (1994) 提到容易將修改視爲「錯誤的狩獵」活動，無法察覺問題所在，即使發現問題也不知道如何修改。這可能是因傳統的寫作是學生寫完作文後，就交由教師批改評分或評語，久而久之，造成學生誤以爲修改只是教師的責任，缺乏良好的寫作習慣，再加上過去的寫作教學也不注重修改，才會造成學生忽略修改的重要性。

(三) 學生評論文章的回應意見太膚淺或敷衍

此發現與李煙長 (2000) 一致，認爲大部分學生給予的意見太過膚淺或敷衍，不能確切地指出文章所需要修改的重點，大部分學生比較會針對錯別字、標點符號與文章格式等表面層次提出建議。教師認爲雖然仍有極少數的寫作程度較高的同學能深入地針對文章內容提供改進之道，並且還能判別同學提供的意見不一定是好的，而依照自己的想法來修改，但是此情況畢竟不多。這可能反映傳統寫作教學中，教師很少給學生對於文章提出意見的機會，因此，學生鮮少有這樣的練習，自然無法給予適當的回應意見。另外，要具備良好的回饋能力可能需要長時間的培養，非短時間可以達成的。

(四) 同儕間的書寫互動隨著時間有漸漸增加且進步的趨勢

有的學生從觀摩老師的評語當中學習，進而應用在和同儕相互回饋的意見中，儼然有小老師的架勢，從剛開始只注重局部和低層次的建議，逐漸會注意到整篇文章的整體和意義方面，進而日漸提升評斷文章優劣之能力。

(五) 寫作題目的選擇呈現個別化的情形

實施網路寫作之後，教師認爲讓學生自訂題目可以讓學生抒發自己平常的情感或者看法，是一個不錯的選擇，只是學生程度不一，有些寫作程度較不成熟的學生無法決定寫作方向，仍需老師訂定題目，因此，他認爲此方式較適用在高年級或是寫作能力較佳的學生。但是研究發現在三位焦點學生中，寫作程度中等與較不成熟者，比較喜歡寫自己所訂定的題目，偶而才會寫教師所規定的題目。而寫作程度較成熟的 Wayne，一直以來都是寫教師規定的題目。研究者認爲這可能是依據學生個性而有所不同，Wayne 是個品學兼優的好學生，非常在意教師的看法，判斷自己文章優劣也是依據教師給予的等第爲主，而且他已經習慣傳統作文的命題方式，若要在短時間改成自由命題的寫作方式，可能連題目都會想不出來。

(六) 寫作程度較不成熟者具有強烈的寫作興趣

三位焦點學生中，Cherry 的寫作興趣相當濃厚，她所寫的文章是在濃厚興趣下自己完成的，雖然她的每一篇文章所展現出的寫作技巧不甚精熟，但她有著強烈的寫作慾即是創造其寫作思維的動力。她常以自身的感受經驗爲題材，用生動活潑的寫法描述自己個人的感受。與 Wayne 注重準確性的、拘謹的寫法迥然不同，而 Wayne 從以前的文章模式已經根植於心中，只重視教師的看法與評分，再加上對於寫文章的興趣並不濃厚，希望能早一點將寫作文這一項「功課」盡快交差了事，所寫出的文章是比較偏向傳統正規式的『好』作文。而 Cherry 在這樣的寫作過程中，受到「讀者」（同儕）的稱讚後，寫作興趣也越來越濃厚，在參與網路寫作活動的過程中也就表現出更大的積極性。久而久之，相信其腦海裡「讀者」的形象會更鮮明，以後寫作就會更加考慮讀者的需要，進而對文章進行反覆的推敲。如同 Arnold (1991) 所述，寫作者在寫作歷程中認同寫作的價值，是促進寫作的動力。

伍、結論與建議

一、結論

(一) 師生針對本網路寫作系統的「螢幕視覺設計」、「使用介面」與「系統功能」等三方面，提出一些加強與修正的建議。

(二) 教師對於實施網路寫作之看法

1. 優點：網路寫作系統提供學生發表、觀摩文章與相互回饋的機會、由作品欣賞的引導可以訓練文章批判的能力。
2. 限制：寫作內容的眞僞不易辨別、網路倫理與著作權的觀念薄弱、實施的時間與地點方面不充裕。
3. 建議：增設榮譽榜的機制、自訂題目較適合寫作能力較佳的學生。

(三) 同儕之間的書寫互動情形中，以文章內容的回應意見次數最多。

(四) 三位焦點學生均喜愛以網路寫作的方式寫文章，而作品呈現不同風格。

二、建議

(一) 在教學實務方面之建議：加強學生的電腦使用能力與中文輸入速度、多給予學生回饋的機會或是成立寫作小組以及教師應教導學生注重其修改歷程。

(二) 後續研究之建議：可針對同儕回應進行修改或進一步進行分組實驗性研究。

參考文獻

一、中文部分

王萬清 (1994)。認知觀點之寫作歷程與寫作教學。**臺南師範初等教育學報，7**，171- 212。

李嘉齡 (1995)。**修改歷程教學對國小學童寫作成效之影響**。嘉義：國立嘉義師範學院初等教育研究所碩士論文（未出版）。

李煙長 (2000)。**國小學童網路化寫作學習社群之建構與實施**。臺北：私立淡江大學教育科技研究所碩士論文（未出版）。

杜淑貞 (1986)。**國小作文教學探究**。臺北：學生書局。

林秋先 (1998)。**國小網路寫作教學之研究**。臺南：國立臺南師範學院國民教育研究所碩士論文（未出版）。

張新仁 (1992)。**寫作教學研究：認知心理學取向**。高雄：復文。

教育部 (1981)。**62、66、68 學年度國民小學六年級學生國語文能力評量研究總報告**。臺北：教育部。

黃永和 (1999)。網路輔助寫作環境之探討。**國教學報，11**，283-306。

趙金婷 (1992)。**國小學童寫作過程之研究**。高雄：國立高雄師範大學教育研究所碩士論文（未出版）。

賴慶雄 (1994)。作文教學的新觀念。**華文世界，74**，81-87

謝春聘 (1995)。作文教學現況之檢討與改進建議。**國文天地，10**(12)，68-72。

二、外文部分

Arnold, R. (1991). *Writing development : Magic in the brain.* Milton Keynes, Open University Press.

Bergland, B. (1996). *Using the internet in the introductory composition classroom.* (ERIC Document Reproduction Service No. ED 396 335）

Cohen, M & Riel, M (1989). The effect of distant audiences on student's writing. *American Educational Research Journal, 26* (2), 143-159.

Day, M. (1995). *The network-based writing classroom*: The ENFI idea. Retrieved from February

12, 2000 from the World Wide Web： http://129.118.38.138/1.2/coverweb/cmcmday.html.

Freedman, S. W. (1994). Exchanging writing , Exchanging cultures: *Lesson in school reform from the Untied States and Grear Britain.* Cambridge, MA: Harvard University Press.

Grisham, D. L. (1993). *The integrated language arts: curriculum enactments in whole language and traditional fourth grade classrooms.* (ERIC Document Reproduction Service No. ED 359 495)

Lincoln , Y. S . , & Guba , E . G . (1985). *Naturalistic inquiry.* Beverly Hills , CA：Sage.

Mehan et al. (1986). *The write help.* Glenview, IL : Scott , Foresman.

Nancy, P. (2006). Computers and Writing: the Research Says Yes! Voices From the Middle, 13(4), 64-69.

Scardamalia, M & Bereiter, C. (1986). Research on written composition. In C.Wittrock, M. C.(3rd Ed.). *Handbook of research on teaching* (pp.778–803). New York: Macmillan Publishing Co.

臺中教育大學學報：數理科技類
2008 年，22(2)，55-69

課堂虛擬實驗編輯工具之設計與實作

Design and Implementation of an Authoring Tool for Creating Virtual Experiments in Class

許馨仁* 陳柏戎** 王崇旭***
Shin-Tzen Sheu Po-Lung Chen Chung-Shu Wang

（收件日期 97 年 7 月 10 日；接受日期 97 年 9 月 30 日）

摘　要

以多媒體聲光效果輔助，並提供教學者自由操作互動的數位教材，一直是教學數位化的目標。互動式多媒體教學所能提升的學習效果，也在過去的許多研究中被印證。然而，功能越強大的數位互動教材，其製作時間和困難度也相對提高。

對一般教案設計者而言，現成的多媒體工具中，有些製作出來後就不易再修改變更，如 Flash、Java 等；有些則缺乏互動自由度，如 PowerPoint 投影片。對於多數認眞的教學者來說，若無法依照自己設計的教案來進行課程，並有充分的臨場自由發揮空間，則使用數位教材的意願將大大降低。

關鍵詞：虛擬實驗、編輯工具、數位教材

*工業技術研究院人機互動實驗室

**工業技術研究院人機互動實驗室

***嘉義陽明補習班資深化學教師

Abstract

The aim of this article is to present some criteria and indicators of manufacturing teaching materials for the educator, based on the multimedia and interactive perspective. In the passed research had already verified the positive study effect of using interactive multimedia in class. However, in the progress of manufacturing interactive multimedia teaching materials, the strength of material function is relative to the production time and difficulty. Therefore, the more time in production, the better function for the educator to operate in class.

As for the designer, the present tool or software to make the multimedia material is not flexible enough to re-modify works many times, for instance, Flash, Java and son on. Some of them are lack of interactive freedom such as Powerpoint. In my observation, most hard working educator like to follow their own design material in class, if they could not easily edit or modify the material and freely control the tool in class, then the wish of using multimedia teaching material is naturally reduced.

Key words: Virtual Experiment,Authoring Tools, Digital Teaching Material, Multimedia Material.

壹、研究動機與背景

數位學習改變了過去的學習模式，根據 Roblyer 和 Edwards 的研究 (Roblyer & Edwards, 2000)，數位科技可以幫助提升學習動機、增加教學效率、支援更多型態的教學和更多學習工具等等，其最大特色在於結合網路通訊、電腦資訊與影音多媒體技術，擺脫時間與空間的限制，透過有線或無線網路的方式取得所要學習的數位教材內容。但目前數位學習多著重在個人自學的工具與平台開發，而未來的學習趨勢不應僅止於創造更多元的個人化學習，應該以更全面的方式與角度去思考數位學習的應用。

除了個人化適性的學習之外，還有以團體學習爲主的數位化課堂教學，尤其課堂教學具有將個人知識以最快速大量的方式傳授給學習者（張靜馨，1996），因而在幾十年來的教育過程中始終扮演著重要地位。

然而，過去傳統的課堂教學方式，具有幾項缺陷：

- 傳統教學不易解說圖形、動態、立體等教材內容，例如：幾何證明、自由落體、晶格堆積、氣流變化等。
- 實驗課後，不易再複習實驗流程、步驟與反應結果。
- 教科書內容或題目範例需一一手寫，教師負擔較大。
- 粉筆灰或揮發氣體對教師和學生有不良影響。

針對這些已知的缺點，過去曾有不少的研究投入其中，在課堂教學所需的硬體建置方面，包含 IBM 的未來教室計畫 (Bhavnani, Bar-Cohen, & Joshi, 2000)、CRS (Classroom Response System) 等課堂答題反應系統 (Kumar, 2003; Marcellus & Ghrayeb, 2003; Abowd, 1999 ; Bransford, Brophy, & Williams, 2000)，以及市面上已販售有年的數位白板的裝置，應用都逐漸成熟。

在軟體教學模組方面，包含 MIT 的物理模擬系統 (Alvarado & Davis, 2001)、臺師大黃福坤教授的 Java 物理動畫實驗室，以及過去我們實作的數學幾何、物理模擬和化學實驗等教學模組（ Chen et al. 2006; Chen et al. 2007; 李岳倫、許馨仁、林宏偉、陳柏戎，2007）、或是其他利用 Flash 形式的互動內容 (Castillo et al. 2004)。這些互動式教學的成效在一些研究中 (Windschitl, 1995; Raghavan & Glaser, 1995) 已經被證實對學習者是有幫助的。

然而，這些互動數位教材的製作，往往需要教案設計人員、美術人員、程式人員三方面的合作，或是具備這些專長的人才，對於教學者而言，進入門檻極高。教學者大多數對教案的設計都具備專業；而在美術部分，若能有大量的美術資料庫或多媒體元件庫，也有機會滿足一般教學需求；但是程式部份，卻不易在短期內熟悉，往往降低了教學者的製作意願。

因此，爲了讓教學者更容易地製作互動數位教材，而不須具備程式開發知識，一套適當的編輯工具將相當重要。本研究以課堂的虛擬化學實驗作爲研究標的，設計並開發一套編輯工具，使互動數位教材的製作更爲簡易，以促進教學者製作和使用意願。

在接下來的第二章中，我們將談到在缺乏編輯工具的情形下，原本的課堂虛擬實驗教材的製作素材和流程。在第三章中，將敘述編輯工具的設計和實作方法。第四章中，我們以一個實際的「電解碘化鉀實驗」爲例子，詳細說明利用編輯工具的過程和效果。並在第五章中歸納出本研究的結論，並探討未來的研究方向。

貳、課堂虛擬實驗的教材製作與流程

本章節描述課堂虛擬實驗教材製作時所需的參與人員、多媒體素材、工作流程，並藉以釐清編輯工具在整個製作過程中所應扮演的角色，以及使用不同的程式語言或開發平台來撰寫編輯工具的優缺點。

一、虛擬實驗教材內容

虛擬實驗的目的是要在一般的課堂中，利用傳統黑板來解說實驗室的步驟、注意事項和呈現結果。因爲課堂裡不像實驗室，學生無法親手操作，因此需要用滑鼠代替雙手，來進行實驗器具和藥品的操作。因而在硬體方面，本研究採用了一般的市售數位輸入裝置，或可稱爲電子白板，用筆型裝置直接進行類似滑鼠的操作，透過無線傳輸的方式，使電腦接收到並改變黑板上投影的畫面。過去硬體方面我們也做過相關的研發 (Chen et al, 2006)，然而考量相容性與長時間使用的穩定性，市售產品仍較具有競爭優勢。

在內容方面，如我們在過去的研究中所提到的（李岳倫等，2007），在教學中，有許多複雜的現象模擬不容易用動畫製作或程式模擬的方式來呈現，包含生物化學的試管實驗、顯微鏡玻片實驗等等，以目前之電腦動畫技術，不但需耗費大量人力資金製作，所得之效果亦有限。而若以一般之 Flash 或 Java 程式製作，則效果擬眞度低，在實驗觀察及效果呈現方面，對學習者的幫助亦有限。除了眞實影片之外，其餘實驗器具和藥品等，若在不失擬眞度的情形下，可用電腦繪圖來製作，讓學生得以連結到眞實的器具或藥品，而不會產生誤解。

串起眞實影片、電腦繪圖和教室硬體的，就是程式軟體了。這也是課堂虛擬實驗教材的製作過程中，進入門檻較高的部份。在未有編輯工具的情形下，須以 GUI 程式介面設計每一個實驗器具和藥品擺放的位置。而教案設計者設計的所有操作流程、反應規則等等，也須以程式一一撰寫，因此是本研究提供解決方案的重心。

二、教材製作流程

依據上述所提到的教材內容，在無編輯工具的情形下，製作流程需要下列步驟：

1. 設計實驗教案
2. 拍攝實驗影片
3. 設定美術元件

4. 撰寫實驗規則與反應的程式

5. 測試效果與修正

在數位教材整個流程的製作中，教學者在這裡扮演的角色不單只是終端的使用者 - 使用教學還包含了最初的設計者 - 教案設計。例如 : 挑選一個重要的單元，歸納單元中的授課步驟然後依次整理成一份初步的文字或圖像式腳本。

但是光看腳本是無法確認實際授課會需要用到多少相關的物件才能完整的視覺化解說整個單元，因此腳本尚需要美術人員的配合將它用視覺化的方式表現出來，因此美術人員在接過腳本後會依照自己的經驗把文字或圖像式的腳本重新潤飾到符合圖像式的秩序編排。舉例來說：老師的文字腳本寫下“倒水入燒杯”這句話，美術人員依照經驗需要把幾項將使用到的物件挑選出來，並按照使用之時間順序分類。首先可能先繪製倒水的器皿，然後再畫器皿裡面的水，依使用發生的順序分別繪製器皿裡面水的各種狀態，有滿水的、有溢水的、倒完後的。倒水至燒杯這個動作，光水的流動就可以拆解成多張圖，而畫得越多，動作就越自然。如此一來便能表現倒水時水從器皿流入至燒杯的空間感跟時間性。

由此可知腳本的設計者須與美術人員保持良好的溝通才能把簡單的文字說明以連續式的圖片取代並確實的呈現設計者的需求。若此時的腳本又多涉及到課程中的實驗時，就額外需要利用一些眞實的圖片輔助才能令美術人員依據眞實來製作該有的物件。眞實的圖片則可透過實際的實驗操作取得，腳本的設計者依照實驗的步驟依序用數位相機拍攝記錄下來，以便提供給美術人員參考。

除此之外，教學者在設計有關實驗的腳本時爲了使實驗具有可信度會希望利用眞實的影片增加實驗的可看性，因此在紀錄實驗操作的照片時可同時進行的是實驗影片的拍攝。依據實驗教案的設計，教學者將選定整個實驗流程中，哪些步驟或反應結果是需要用眞實影片來呈現的。在拍攝這些實驗部份的時候，須特別注意光線與背景的控制，因爲一般實驗室環境中的光線可能不足，加上背景影像較複雜，拍攝出來的效果將不容易後續和電腦繪圖的圖像整合。過去我們進行的研究（李岳倫等，2007），提出過影片標示與萃取的元件開發，可以較方便的步驟，讓使用者選取影片在時間軸與空間區域上重要的區域，其餘的部份則設定爲透明或刪除。

撰寫實驗規則和反應的程式，是將平面與動態的美術元件，結合實驗影片，以符合教案的邏輯方式將整個操作的設定串接起來。可以適用的程式平台有數種，包含 Flash 的 action script、Java、C/C++，都具備設定邏輯規則並且能夠支援靜態圖片、連續動畫和眞實影片的功能。在個別優缺點的比較上，Flash 所能設定的規則屬於單線式，幾乎每一步驟皆須依循設計者的設定來操作，因此自由度較受限。並且甲教學者所設計的實驗流程，往往對乙教學者而言是不甚合適的，降低了教材的流通性。不過，Flash 的語法是三者中最容易的。而 Java 的功能完整，且有許多免費的函式庫可以使用，較容易完成處理影片和圖像的程式，缺點是執行時效率稍慢。而 C/C++ 的語法較低階，學習門檻較高，但除了功能強大外執行時的效率也相當快速，當虛擬實驗教材使用大量的圖像和影片的時候，對教學的流暢度較能保證。

因此，本研究採用 C/C++ 爲開發語言，建立一套腳本式的編輯工具，讓教材製作者可以透過簡單的文字敘述，搭配既有的美術元件或影片素材，就可以快速製作出各式各樣的虛擬實驗教材。

參、編輯工具的實作方法

本章節中將描述如何建構一套編輯工具程式，以及此工具必須具備哪些功能和參數，才能使課堂虛擬實驗教材製作時的程式設計工作簡化，讓不具備專業背景的人員也能任意設計虛擬實驗教材。

一、系統功能與架構

腳本中分爲兩部分的設定，一類屬於靜態的物件，並且一開始就存在於畫面中，包括實驗用的器具和藥品，以及實驗室的背景圖片、人物公仔、游標圖示等，並在腳本中描述這些物件一開始的位置和大小。

第二類屬於動態規則的描述，這一類規則根據使用者在進行實驗時，是否有觸發了這些規則而定，一旦觸發了規則就必須有相對應的反應變化。這些反應變化包含播放影片、連續圖片、新增／消失圖示等，這些規則一樣被寫在腳本中，當程式初始化的時候從檔案讀入記憶體。當使用者進行實驗時，每一次使用者點選某個物件、放開某物件時，即判斷是否有符合這些動態規則的觸發事件，繼而模擬反應發生的情形。

二、腳本式參數設定

歸納上面的內容，我們將腳本設定分爲整體 Layout、靜態圖示資訊、動態規則設定、連續動畫設定、影片設定、局部區域設定 6 種。而每一種設定包含以下的參數：

- 整體 Layout 包含設定背景圖片、人物公仔、垃圾桶圖示、游標圖示，還有操作實驗影片時所用到的播放按鈕、暫停按鈕、慢動作按鈕、結束按鈕等圖示。
- 靜態圖示資訊包含設定圖示名稱、畫面中放置位置、畫面中大小比例、是否一開始顯示、選取後產生的器具 / 藥品圖示、選取後產生圖示的大小比例。
- 動態規則設定包含觸發前來源圖示、觸發前目標圖示、觸發後來源圖示、觸發後目標圖示、是否觸發影片設定、是否觸發局部區域設定。
- 連續動畫設定包含連續動畫名稱、結束設定（ repeat、結束名稱、結束即消失）、連續動畫張數、總動畫時間。
- 影片設定包含影片名稱、影像張數、按鈕圖示出現位置、播放完畢呈現的圖片名稱。
- 局部設定包含圖示中是否有特定區域可以觸發反應、該區域的位置、大小比例、以及所產生反應的動態規則編號。

三、多媒體動態載入

實驗中所會用到的多媒體包含靜態圖片、連續圖檔和影片等，若實驗用到的器具較多，或流程較複雜，總共所佔的記憶體容量相當可觀。在不確知教學設計者將如何設計的情形下，有必要以動態載入方式進行多媒體的讀取。

當讀取腳本設定檔案後，已預知將可能用到哪些連續圖片或影片，但在程式開始執行時，並不完全存入記憶體。一旦觸發了某項動態規則，其中包含有連續圖片或影片的呈現，再即時地載入該檔案。而當偵測出程式所使用的記憶體總量已超過某門檻值時，則將最久沒使用到的多媒體檔案釋放。

多媒體動態載入和釋放可以達成下列效果：

- 程式啓動時花費較少時間初始化，減少等待時間。
- 程式執行時因記憶體使用總量受控制，可確保不會發生當機，並穩定執行效率。
- 當載入檔案資源後，不會在播放結束時立刻釋放，因而若使用者想再次播放，則不需要再次載入。

肆、實驗範例

本章節以一個電解碘化鉀的實驗爲例子，說明整個課堂虛擬實驗製作的流程，並且從中分析和驗證編輯工具的功能，是否能讓教學設計者在不撰寫程式的情形下，創作出虛擬課堂實驗的教材。

一、教案設計

以電解碘化鉀實驗爲例，從教學者設計的文字腳本中知道電解碘化鉀的過程是 : 電解前需要先調配碘化鉀溶液，調配碘化鉀溶液是把白色固體的碘化鉀粉末倒入含水的燒杯裡，攪拌過後即是一杯透明色的碘化鉀溶液。接著需要取出試管夾跟 U 形管，用試管夾把 U 形管的一端夾住固定，然後再把碘化鉀溶液倒入 U 形管中。取出電解器，從正負兩極的端口分別接紅色的線與黑色的線，兩線的末端夾著碳棒分別插入 U 形管的兩個開口中，之後開啓電解器按鈕使之開始進行電解。

從電解的過程中會看到 U 形管內的碘化鉀溶液發生變化，此時會需要眞實的影片作呼應，影片內容要呈現接正極電的 U 形管一方會明顯呈現咖啡色並逐漸擴散到另一方直到最後會看到一道明顯的分野分出咖啡色與透明色。咖啡色端爲碘離子溶液，而透明色端則具備有氫氧離子。

在電解過後，爲了驗證碘離子和氫氧離子的性質，可以分別和氯化鐵、四氯化碳、酚酞等溶液和試劑進行混合測試。分別會產生下列的效果呈現：

- 碘離子溶液滴入四氯化碳溶液，產生上面褐色下面透明的分層現象，並且在搖晃之後讓下層變爲粉紅色。

- 氫氧離子溶液滴入氯化鐵溶液中，將產生黑褐色的沉澱。
- 氫氧離子溶液滴入酚酞溶液，則將變成粉紅色。

二、影片拍攝

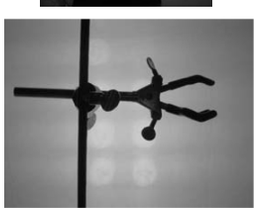
在理解腳本內容後，需要先行把實驗的步驟按照設計的腳本實際做出來，並順手用數位相機紀錄實驗過程中所有用到的實驗器具，目的是之後要給美術人員有參考的圖檔，把實驗的器材名稱、實體照片跟注意事項列出。並把實驗結果 -U 形管中的變化用解析度較高的錄影設備拍攝好，完成影片素材。

三、美術元件設計

美術人員無論是否有實際參與影片拍攝的過程，依照紀錄的片段以及相關照片，必須有可以依據的標準來進行圖示和動畫製作。電腦繪圖的美術元件分爲兩部份：

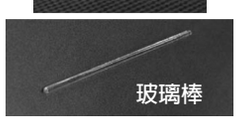
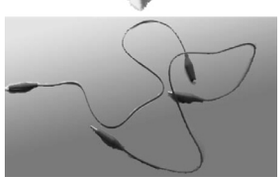
- 靜態圖示，提供實體照片參考，見表 1。
- 連續動畫，提供拍攝影片參考，並說明細節要求，見表 2。

表 1 電解碘化鉀靜態圖示說明（僅擷取部份）

名稱	實體圖	備註
電解器		電解器需拆成三層，爲了呈現眞實感，紅色的按鈕位置在 psd 檔中需分別有 on 跟 off 兩層 layer，而它們切換時的位置相反，另外一層才是電解器的 body。 最後再存成電解器 on 跟電解器 off 狀態的 png 檔。 交付項目：psd 檔、兩張 png 檔。
碘化鉀		碘化鉀的圖在 psd 檔中分成兩層 layer；一層是瓶身未加蓋，一層是黑色的蓋子。 最後再存成 1. 加蓋的碘化鉀、2. 未加蓋的碘化鉀、3. 蓋子掀開的碘化鉀共三張 png 檔。 交付項目：psd 檔、三張 png 檔。
試管夾	 	橫架（有黑色三爪夾子）的部份可透過旋轉中心交叉點的螺絲控制夾子的高度。 橫架在 psd 檔中跟座台分兩層。 最後存一張試管夾的 png 檔。 交付項目：psd 檔、一張 png 檔。

名稱	實體圖	備註
湯匙		1. 扁扁的鐵湯匙。 2. 在 psd 檔分兩層 layer 繪製，一層是鐵湯匙的圖，一層是湯匙上的白色粉末圖。 最後再存成有粉跟無粉鐵湯匙的 png 檔。 交付項目：psd 檔、兩張 png 檔。

表 2 電解碘化鉀動態圖示說明 (僅擷取部份)

動作名稱	動作內容	備註	關聯圖片
攪拌碘化鉀變成溶液	將碘化鉀（白色粉末在湯匙上）加入含水燒杯後攪拌，形成碘化鉀溶液	✓ 湯匙不用動畫 ✓ 碘化鉀溶液的燒杯和攪拌棒放在同一張構圖中，然後做成動態攪拌的連續 png 圖檔。 （3 – 5 張即可）	 
碘化鉀溶液倒入 U 形管	碘化鉀溶液（裝透明無色溶液的燒杯）沿著玻璃棒倒入 U 形管中，並將電解器的兩個電極夾碳棒插入 U 形管的開口兩端	✓ 試管夾、碘化鉀溶液、玻璃棒、U 形管、電解器、鱷魚夾、碳棒、全都做在同一張圖 ✓ 倒入加插電極總共連續 png 圖檔約 5-10 張	 

四、編輯工具腳本設計

美設元件和影片皆具備之後，即可依腳本設計整體 Layout、靜態圖示資訊、動態規則設定、連續動畫設定、影片設定、局部區域設定等項目。在與多媒體資源檔案進行連結時，因爲實驗中不同的物件或操作可能會用到相同的圖片，因此採取物件名稱和圖片檔案名稱分開的方式。例如：用吸管吸取少許酚酞，和用吸管吸取少許四氯化碳溶液，雖然兩者在實驗中的意義不同，但兩者圖片皆爲吸管中裝著少許透明液體。藉由使用相同的圖片檔案，可以降低電腦記憶體使用量，提高程式的效率。

```
material A0001/Dyna_ccl4
{
        technique
        {
                pass
                {
                        scene_blend alpha_blend
                        depth_write off
                        texture_unit
                        {
                                texture dropper_trans.png
                        }
                }
        }
}

material A0001/Dyna_pheol
{
        technique
        {
                pass
                {
                        scene_blend alpha_blend
                        depth_write off
                        texture_unit
                        {
                                texture dropper_trans.png
                        }
                }
        }
}
```

圖 1 四氯化碳溶液和酚酞的圖片檔案設定

以圖 1 爲例，四氯化碳溶液和酚酞以滴管裝盛時其實是參考到同樣檔案，但在腳本設定中「 A0001/Dyna_ccl4」代表四氯化碳溶液，「 A0001/Dyna_pheol」代表酚酞，有完全不同的動態規則和反應設定。

整體 Layout 設定如圖 2 所示，設定了背景等圖片資源。靜態圖片資訊如圖 3 所示，包含了 U 形管和燒杯兩項實驗器材的資源名稱、圖示位置、大小比例、以及若使用者取出此資源時所呈現的圖片資源等。動態規則設定如圖 4 所示，設定拿著碘化鉀粉末加入燒杯中，拿著的碘化鉀粉末圖片會消失，而燒杯圖片則變爲碘化鉀溶液攪拌的連續動畫；另外，當已經攪拌結束的碘化鉀溶液加入 U 形管電解裝置中，則會開始播放沿著玻璃棒注入 U 形管，並在兩端插上電極的連續動畫。連續動畫設定如圖 5 所示，設定了攪拌碘化鉀的動畫總共有 9 張，總共播放時間爲 5 秒鐘，並且結束時成爲「 A0001/

Dyna_ki_stir_end」這個圖片；而碘化鉀注入 U 形管的動畫中共有 2 張 frame，歷時 2 秒，並停留在「 A0001/Dyna_u_elec_ready」這個圖片。影片設定如圖 6 所示，設定了影片檔名，播放張數及結束後的圖片資源。局部區域設定以圖 7 爲例，則是將電解後的 U 形管兩端區域特別加以設定，包括位置和大小，因而使用者若後續以滴管等物件放在這兩個特定區域，將可設定產生不同的變化反應，吸取到兩種不同顏色的溶液。

```
[LAYOUT]
BACKGROUND      =       A0001/Background
TABLE           =       A0001/Table
WANG            =       A0001/Wang
TRASH           =       A0001/Trash
CURSOR          =       A0001/Cursor
GRAB            =       A0001/Grab

RETURN          =       A0001/Return
PLAY            =       A0001/Play
PAUSE           =       A0001/Pause
SLOW            =       A0001/Slow
```

圖 2 整體實驗室 Layout 設定

```
[STATIC_3]
NAME            =       A0001/Icon_beaker
X               =       70
Y               =       430
Z               =       -180
WIDTH           =       100
HEIGHT          =       100
VISIBLE         =       1
SRC_NAME        =       A0001/Icon_beaker
DES_NAME        =       A0001/Dyna_beaker
DES_WIDTH       =       100
DES_HEIGHT      =       150
DES_Z           =       -120

[STATIC_6]
NAME            =       A0001/Icon_ki
X               =       930
Y               =       310
Z               =       -180
WIDTH           =       100
HEIGHT          =       100
VISIBLE         =       1
SRC_NAME        =       A0001/Icon_ki
DES_NAME        =       A0001/Dyna_ki
DES_WIDTH       =       150
DES_HEIGHT      =       60
DES_Z           =       -100
```

圖 3 靜態圖示設定

```
[INTERACT_2]
SRC_NAME        =       A0001/Dyna_ki
DES_NAME        =       A0001/Dyna_beaker
SRC_AFT         =       NONE
DES_AFT         =       A0001/Dyna_ki_stir
VIDEO           =       -1
RECT            =       -1

[INTERACT_3]
SRC_NAME        =       A0001/Dyna_ki_stir_end
DES_NAME        =       A0001/Dyna_u_elec
SRC_AFT         =       NONE
DES_AFT         =       A0001/Dyna_u_elec_fill
VIDEO           =       0
RECT            =       -1
```

圖 4 動態規則設定

```
[ANIMATION_0]
ANIM_NAME       =       A0001/Dyna_ki_stir
END_NAME        =       A0001/Dyna_ki_stir_end
NUM_FRAME       =       9
DURATION        =       5000

[ANIMATION_1]
ANIM_NAME       =       A0001/Dyna_u_elec_fill
END_NAME        =       A0001/Dyna_u_elec_ready
NUM_FRAME       =       2
DURATION        =       2000
```

圖 5 連續動畫設定

```
[VIDEO_0]
VIDEO_NAME      =       1624.PNG
X_FRAME         =       16
Y_FRAME         =       16
ICON_X          =       220
ICON_Y          =       0
DES_AFT         =       A0001/Dyna_u_elec_end
```

圖 6 影片設定

```
[RECT_0]
X               =       -130
Y               =       -15
WIDTH           =       20
HEIGHT          =       120
INTER_ID        =       4

[RECT_1]
X               =       -65
Y               =       -15
WIDTH           =       20
HEIGHT          =       120
INTER_ID        =       5
```

圖 7 局部區域設定

五、效果呈現測試

圖 1 ～圖 7 都只擷取了腳本設定檔案的一部份，當全部的腳本設定完成後，即可執行程式載入腳本，並開始進行課堂虛擬實驗。

圖 8 顯示了執行時的呈現狀態，包含啓動後的版面 Layout、動態規則、連續動畫、以及影片播放控制。當編輯者一邊進行編輯時，可以隨時執行程式來檢驗效果是否符合教案的設定，因而也可依據結果是否適當來修改教案流程。

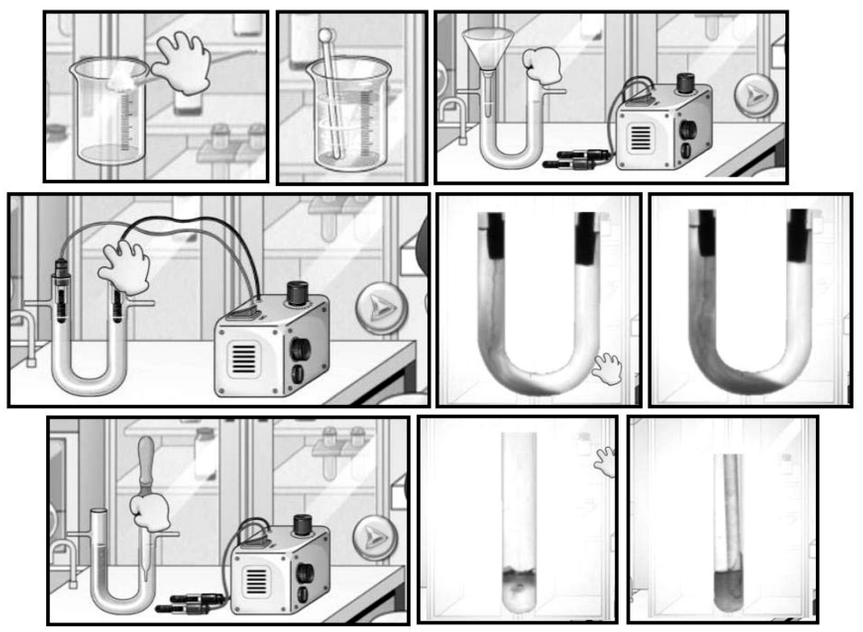


圖 8 執行時的呈現狀態。
上排：由左而右，碘化鉀放入燒杯中，加入水，攪拌成碘化鉀溶液，並倒入 U 形管。
中排：倒入 U 形管並插入電極後，播放電解過程影片。
下排：以滴管吸取 U 形管陰極，滴入試管中，再以酚酞進行檢測。

伍、結論與未來工作

本研究所開發的編輯工具，除了上述舉例的「電解碘化鉀實驗」外，並陸續製作了「酸鹼滴定」、「氧的製備」等單元，從教材製作面來看，確實能在不需程式設計專業下，進行課堂虛擬實驗教材的設計和製作，有效簡化流程並降低進入門檻，可促進教學者製作和使用意願。從功能面分析，可達到用圖像與動態影片等多媒體效果來輔助教學，並有助於複習實驗流程、步驟和反應結果，同時降低教學者手繪手寫的次數，減少教學者的負擔。

目前編輯工具應用的範圍鎖定在生化類實驗操作，因而在數學或物理等其他互動教材是否也能以一套編輯工具來協助製作，需視這些教材內容的技術同質性是否夠高，否則將必須以 case by case 的方式製作，相對提高成本和難度。

未來我們期望能透過實地的評量與實驗，持續測試數位化教學的效果。而在技術研發上，將設計和研究以編輯工具的方式來幫助其他類型互動教材的製作，朝向以視覺化介面讓使用者進行設計編輯，將可更容易上手並提升編輯效率。

參考文獻

一、中文部分

李岳倫、許馨仁、林宏偉、陳柏戎（2007，五月）。課堂虛擬實驗系統之實作。論文發表於「2007 第三屆臺灣數位學習發展研討會」。亞洲大學。

張靜嚮 (1996)。建構與教學：傳統教學有何不妥。2007 年 3 月 31 日，取自 http://www.bio.ncue.edu.tw/c&t/issue1-8/v4-1.htm。

二、英文部分

Abowd, G. D. (1999). Classroom 2000: An Experiment with the Instrumentation of a Living Educational Environment. IBM Systems Journal, 38(4), 508-530.

Alvarado, C. and Davis, R. (2001, August). Resolving Ambiguities to Create a Natural Sketch Based Interface. Proc. of The Seventeenth Intl. Joint Conf. on Artificial Intelligence, Seattle, USA.

Bhavnani, S. H., Bar-Cohen, A., and Joshi, Y. K. (2000). Classroom of the future: An Internet-delivered national course on thermal management of electronics. Journal of Engineering Education, Oct 2000, 423-427.

Bransford, J., Brophy, S., and Williams, S. (2000). When computer technologies meet the learning sciences: Issues and opportunities. Journal of Applied Developmental Psychology, 21(1), 59-84.

Castillo, S., Hancock, S. W., and Hess, G. A. (2004). Using Flash MX to Create e-Learning: Comprehensive Self-paced Training for e-Learning Developers (1st ed.). Vancouver: Rapid Intake Press.

Po-Lung Chen, Yueh-Lun Lee, Chien-Chun, and Chia-Yu Wang (2006). Integration of e-Teaching and e-Learning with Gesture Interaction. Paper presented at The 5th European Conference on e-Learning (ECEL 2006), University of Winchester,UK.

Po-Lung Chen, Hung-Wei Lin, Yueh-Lun Lee, and Chien-Chun Kuo (2007, July). Development of A Distributed Collaborative Learning Platform: The Virtual Experiment for Multiple Users. Paper presented at The 4th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics (WMSCI2007), Orlando, USA.

Kumar, S. (2003). An innovative method to enhance interaction during lecture sessions. Advances in Physiology Education, 27(1), 20-25.

Marcellus, R. and Ghrayeb, O. (2003,November). Effects of smart classrooms on learning and teaching effectiveness: the students' point of view. Proc. of ASCE annual conference, Nashville, Tennessee.

Raghavan, K. and Glaser, R. (1995). Model-Based analysis and reasoning in science: The MARS curriculum. Science Education, 79(1), 37-61.

Roblyer,M.D.& Edwards, J. (2000). Integrating educational technology into teaching (2nd ed.). USA: Prentice-Hill.

Windschitl, M. (1995). Using computer simulations to enhance conceptual change: The roles of constructivist instruction and student epistemological beliefs. (Doctoral dissertation, Iowa State University, 1995). Ames, IA.

臺中教育大學學報：數理科技類
2008 年，22(2)，71-95

以模糊綜合評估法評量工程教育成效

Fuzzy Comprehensive Assessment of Engineering-Education Outcomes

劉豐瑞*　　龔信元**
Kevin Fong-Rey Liu　　Shin-Yuan Kung

（收件日期 97 年 9 月 16 日；接受日期 97 年 12 月 4 日）

摘　要

近年來國內教育市場受到內在與外來的衝擊，爲提升教學品質，我國於 2003 年成立中華工程教育學會，負責國內工程與科技教育認證的工作，並期望儘速與國際接軌。教育認證之重要課題，在於建立教學持續改善機制，以確保教育品質的持續提升。因此，爲通過工程與科技教育認證，將面臨二大核心問題：首先，持續改善的依據與比較基準，應該根植於數據之上，要如何量化評量教學成效，是一重要課題；第二，在評量教學成效之後，如未達滿意之結果，如何找到優先的改善之培養方法，以達持續改善的循環。因此，本研究提出以多準則多關聯綜合評估法 (Multi-criteria and Multi-connection Comprehensive Assessment, MCCA) 與重要 - 績效分析法 (Important Performance Analysis, IPA) 形成一整合式架構，建立教學成效評量及進行優先改善培養方法分析的模式。最後本研究將以大葉大學環工系 94 學年度教學成效作爲實例研究。

關鍵詞：多準則多關聯綜合評估法，重要 - 績效分析法，工程教育

*明志科技大學環境與安全衛生工程系副教授

**大葉大學環境工程系碩士

Abstract

In recent years, some of the developments have brought in severe competition that challenges the vitality of Taiwan's 160 universities and colleges. Not to lag behind in the competition, these educational institutions have to boost their educational quality and competitiveness. In preparing the IEET accreditation, three key issues should be addressed: a mechanism for continuous education improvement, an evaluation system to measure students' learning and an analysis approach to investigating teaching insufficiency. the Multi-criteria and Multi-connection Comprehensive Assessment (MCCA) model to quantify overall students' learning and Important-Performance Analysis (IPA) to explore the improvement priority. Finally, the proposed approach will be applied to the Environmental Engineering Department of Da-Yeh University to demonstrate its use.

Key words: Multi-criteria and Multi-connection Comprehensive Assessment (MCCA); Important-Performance Analysis (IPA); engineering education

壹、前言

一、研究背景、動機與目的

在我國，人口僅有二千三百萬人，而全國大專院校總數卻已達 162 所，使得高等教育市場的競爭日益激烈，也使得每位學生分配到的教育資源嚴重稀釋。如何持續提升教育品質，提升自我競爭力，是每一大學苦思的課題。再者，我國於 2002 年元月正式加入世界貿易組織 (World Trade Organization, WTO)，隨之而來國際交流的頻繁，對於我國產業造成有許多的衝擊。教育業亦同，我國之工程教育如何與國際接軌，亦是每一大學面臨的課題。透過國際間相互承認的「工程與科技教育認證」，來進行工程教育品質的把關，或許是一可行的道路。

先進的工業國家，一直以來都非常重視工程科技教育品質以及國際間教育的交流。爲此，美國、德國、法國、加拿大、日本、英國等，都有監督工程教育品質的專責機構。以美國爲例，自 1932 年即創立「工程與科技認證學會」(Accreditation Board for Engineering and Technology, ABET)，至今仍是美國工程教育品質監督的機構，更是其他國家學習的對象。2001 年，ABET 開始採用新的認證指標「 Engineering Criteria 2000, EC 2000」，強調「成果導向評估」(Outcomes-based Assessment)，將學生的成就與表現作爲教學的具體成果，並以促進系所持續改善作爲認證的主要核心。該學會在美國已運行超過 70 年的歷史，目前已有 550 個大專院校、2700 學系參與認證，以持續改善其工程與科技教育的品質。除了美國，尚有加拿大、愛爾蘭、紐西蘭、英國、澳洲等國也都設有類似機構，以確保其工程教育品質。這些國家於 1989 年簽署「華盛頓公約」(Washington Accord, WA)，相互承認各簽約國之間的工程與科技教育認證成果。

我國有鑑於國際趨勢，於 2003 年成立「中華工程教育學會」(Institute of Engineering Education Taiwan, IEET)，負責我國工程與科技教育認證的工作，並積極與 WA 認證標準接軌。2007 年，我國的中華工程教育學會順利成爲會員，象徵著提升國內工程教育品質的工作已逐漸獲得國際認同。

爲通過工程與科技教育認證，起始之工作事項千頭萬緒，但本研究認爲其核心問題爲二：(1) 教學成效的評量：持續改善的依據與比較基準，應該根植於數據之上，因此，如何量化的評量教學成效，會是另一個重要的課題。(2) 優先改善項目的分析：評量教學成效之後，如果未達滿意之結果，如何找到優先的培養方法，以達持續改善的循環。

基於上述進行工程與科技教育認證時之問題，本研究則以大葉大學環境工程學系爲研究對象進而提出本研究的目的：

- 以多準則多關聯綜合評估法 (Multi-criteria and Multi-connection Comprehensive Assessment, MCCA) 建立教學成效評量方法。
- 以重要 - 績效分析法 (Important Performance Analysis, IPA) 進行優先改善培養方法分析。

二、文獻探討

模糊綜合評估法之文獻，最早可追溯至 1977，由 Yager (1977) 所提出。近年來，模糊綜合評估法依然受到多位學者的使用，作爲綜合評估的工具。Tao, Xinmiao (1998) 以 7 個空氣污染與噪音之指標，利用模糊綜合評估法來進行 14 條道路的環境品質評比。Lu, Lo, Hu (1999) 以 3 個指標，利用模糊綜合評估法來進行臺灣翡翠水庫優養化的評定。Feng, Xu (1999a, 1999b) 以 33 個指標，利用模糊綜合評估法來進行 14 個中國城市發展的評比。Chang, Chen, Ning (2001) 以 5 個指標，利用模糊分類法進行河川水質污染等級評定，其中權重法與本研究提出的糊綜合評估法雷同。Sadiq, Rodriguez (2004a) 以 6 個指標，2 個面向（致癌與非致癌症風險），利用模糊綜合評估法來進行不同自來水消毒方法的評比。Sadiq 等人 (2004b) 以 8 個指標（同時含有健康風險與處理成本等等），利用模糊綜合評估法來進行 3 種鑽油廢液處理效率的評估。Onkal-Engin, Demir, Hiz (2004) 以空氣污染的 5 個指標，利用模糊綜合評估法來進行空氣污染的評估，再進而給予空氣品質之評定。Shen, Lu, Wang, Sun (2005) 以 9 個指標，利用模糊綜合評估法來進行中國太湖 6 個地區，受到重金屬與有機氯農藥污染的評估。Liang, Yang, Sun, Yuan, Zhang (2006) 以 5 個指標，利用模糊綜合評估法來進行 35 種發電方案的評比。Kuo, Chen (2006) 以 20 個指標，利用模糊綜合評估法來針對臺灣 4 大電信業者提供的手機加值服務進行評比。

模糊綜合評估法應用於教育評量之相關文獻有莊仲寧 (2002) 以 37 個指標，利用模糊綜合評估法針對經由九年一貫課程之學生進行評量各學習領域成績。王元仁 (2003) 以 17 個指標，利用模糊綜合評估法針對遠東技術學院二年制企業管理系的課程進行課程評鑑。賴阿福、陳靖旻 (2004) 以 22 個指標，利用模糊綜合評估法來進行三套國小自然科數位教材的評估。蔡海璋 (2004) 以 14 個指標，利用模糊綜合評估法來建立國軍指參深造教育學習評量之評比。

近年來由於工程與科技教育認證之推行，開始有些許的文獻探討相關議題，尤以在美國的 ABET 的制度下之文章以及國內 IEET 認證文章爲主。Nirmalakhandan, White (2000) 以新墨西哥州立大學土木、農業與地理工程系爲例，探討水利工程這一門課程的評量與改善方式。根據課程評量、應屆畢業生訪談與工程基礎測驗的成績，該系決定針對該課程進行改善。首先，改善課程單元，使其範圍更廣。再者，增開先修課程 - 流體力學，以增進基礎知識。第三，選擇新課本。最後也是最重要者，改善實驗課程。並針對每一項核心能力，提出該課程適當之評量方式。Enderle, Gassert, Blanchard, King, Beasley, Hale, Aldridge (2003) 是 ABET 的認證團成員，將其認證經驗撰文於 2003 年發表，對於正在準備認證的學系提出很多有益的建言。他們提醒教學成效的評量與持續改善之機制應視爲一個整體，是整個認證最核心的部分，最重要的是建立可量測的績效準則，與將評量結果回饋給教學成效達成過程，或是給諮詢委員會去評估。對於評量教學成效方式，文中提及學習歷程檔案、工程基礎測驗、訪談、課程評量、系友等問卷、學生成績與及格人數等等，但是對於教學成效的綜合評估方式並未著墨。至於持續改善的方式，也僅止於論

及將評量結果交由老師改善教材、教學技巧等，或交由相關委員會修改課程。Bai, Asce, Pigott (2004) 介紹 The Department of Engineering Technology at Texas Tech University 的作法，提出 12 種的教學成效評量方式：(1) Alumni survey、(2) Capstone project report、(3) Employer survey、(4) Fundamentals review exam、(5) Graduate questionnaire、(6) Internship report、(7) Competition performance report、(8) Focus group exit interview、(9) Organization participation report、(10) Seminar attendance report、(11) Computer skills self-evaluation, 與 (12) Pre and post course assessment。並針對 Pre and post course assessment 的方法，以“工程契約與規範”課程爲例來進行教學前後測驗，並將其差異進行比對分析，以提供學生學習成效與教師教學成效之改善依據。Koehn, Asce (2004) 介紹美國 Lamar University 土木系，因爲位於休士頓附近，學生有很多的兼職與暑期工作機會，使得學生對於專業知識提升很有幫助，也有助於專業知識的持續改善。根據問卷調查，學生認爲這些工作經驗提升了他們結構工程、專案管理排程與估價、還有團隊合作，此外，健康、安全與專業倫理的考量也獲得提升。Koehn, Asce, Parthasarathy (2005) 介紹 The Civil Engineering Department at Lamar University 的作法，針對 3 種族群進行教學成效達成度問卷：應屆畢業生、雇主與系友。並以美國 EBI (Educational benchmarking) 公司所做之 7000 份問卷之結果爲基準點，証明該系之教學成效已在一般平均水準之上。 Soeiro, Cabral (2004) 探討以一個新的形成式評估方法 (Formative evaluation) - 稱爲分散式評量 (Distributed evaluation)，取代傳統考試測驗的經驗與成效。此方法屏除任何形式的期末考試，改以實驗室作品、隨堂測驗、作業、個人或團體專案來評估學生。實施 2 年後，最後獲致 5 點結論：(1) 更多的學生參與感、(2) 成績的改善、(3) 更多的老師參與、(4) 教學與評估技巧的改善與 (5) 養成終生學習習慣。Burrow, Evdorides, Hallam, Richard (2005) 將每一次測驗之分數，對應到 RECAP 模式 (Recall- 回想，Comprehension- 理解，Application- 應用，Problem solving- 解決問題)，使學生了解自我的程度，並提供每個測驗題的深入教材，促進學生的自我學習動機。

國內文獻部分有張吉成 (2003) 針對目前國內之際職校院所工程教育發展面臨前所未有的問題。諸如：校數多資源取得日趨困難、WTO 環境下國際競爭加劇等，而提出一個思考的方向與建議，並且認爲解決目前的問題，必須推動工程教育認證，並與國際工程教育相互認證，使能和國際接軌，不落於人後，實是今日工程教育界每一份子責無旁貸的使命。蔡椿華 (2004) 以逢甲大學爲例，探討進行工程與科技教育認證時之評量方式，主要是針對 3 種族群進行教育目標與核心能力之重要性與滿意度問卷：應屆畢業生、企業雇主、畢業校友。並針對其重要性與滿意度之問卷結果進行統整與分析，然後在將此回饋資料做爲系所課程進行改善的依據。郭應桐 (2004) 主要探討科技大學營建工程科系培養學生核心能力之成效，針對國內四校畢業生進行核心能力之成果之問卷，再依問卷結果進行分析與探討，以了解國內認證前的執行成效，並能提供往後本科系在進行工程與科技教育認證之參考依據。莊清榮 (2005) 談及要進行認證，必須有校方與院方的支持，且系上老師必須達成共識，才不致使認證程序流於形式。並介紹中原大學化工系作法，是利用

課程問卷、校友及業界聘雇問卷、考卷、答案卷、作業及專題成果及報告等之方式來自我評量及展示其具體成果，但對於其教學成效評量方式與持續改善之方式皆未著墨。張佩芬 (2005) 等人強調各認證學系應確實以中華工程認證學會之工程及科技教育認證規範 (AC2004) 爲依歸。且應與過去之「 input-based」的方式做爲教學品質提升與努力的基礎有所不同，需改以學生表現作爲評量教學或成果的依據，即「 outcomes-based」之概念，其中還有提及避免只以課程成績或問卷結果爲評量依據，最好以系統性的評量方式來設定評量的程序，並依據此結果，來建立一套持續改進之機制。黃柏仁 (2005) 介紹雲林科技大學電子系作法，首先，利用各種機制與問卷方式來制定目標及教學內容之依據，並依此方式來持續進行改善。再者，使用網頁方式呈現與利用網站來收集與分析教學過程中各相關資料與教學成效，其中包含各課程之課程綱要、教育目標、教學資料與學生作業等，使老師能了解授課過程與見證。但並無提及如何進行評量的方式。黃孝平 (2005) 首先談到目前工程教育認證之重要性，並說明「評鑑」與「認證」之不同處，就認證而言，僅就夠不夠標準來加以認定。再者，進行認證時，除了確認是否符合其規範外，更強調必須是一種持續改善教育品質的機制，同時應提出自我評量的方式，使其可依循此評量結果來進行改善。劉曼娟等人 (2005) 談到目前國內教育之現況，學生素質逐漸低落，教育品質也快速下滑，且在進入 WTO 之後，對於教育市場之影響也很大，故要從傳統的評鑑方式改爲認證方式，來提升教育品質，且說明「評鑑」與「認證」之差異處，最後針對國內中華工程學會制度與現況作探討，並且提醒認證之重要性與迫切性。唐國豪 (2005) 以逢甲大學爲例，探討要能有效推動教育認證並成功的導入認證，必需要從達成組織共識開始。接而，將利用雙迴圈程序建立持續改善機制，雙迴圈程序就是透過內部與外部迴圈來進行教學品質管制程序之建立。其中，外部迴圈主要是討論教育目標之制定，並藉由評量與外界人事相關意見回饋修訂其目標；內部迴圈則是討論教學成效之設定與評量之過程，而其評量方式則是利用對學生所作之滿意度問卷、老師之評量結果與教師自我審視等資料，以召開會議方式來進行評估、分析、檢討與改善。黃景燦 (2006) 介紹各學系在認證過程中，除需提出相關說明文件，並需提出學生學習過程所有學習評估資料供查驗，這些資料不僅量大且保存時間長，故提出以資訊系統來替代傳統的保存方式，並依據不同使用者之需要而設定系統功能，以利往後可即時查閱學生學習相關資料，更能方便分析每門課、每一班或每一學生在不同時間的學習成效。

貳、研究方法

一個系所在培育人才時，除了正式課程外，其他學術活動，例如演講、實習、參訪、競賽與專題研究，都可增進學生對專業知識的瞭解，皆可以視爲廣義的培養方法。故先將各個不同評分尺度的培養方法之得分予以模糊分類 (Fuzzy Classification)，以求得相同的分類尺度。再者，提出以模糊綜合評估法 (Fzzuy Comprehensive Assessment, FCA) (Yager, 1977; Feng et al., 1999b; Shen et al., 2005) 爲基礎所發展的多準則多關聯綜合評估法 (Multi-

criteria and Multi-connection Comprehensive Assessment, MCCA) 來進行所有教學項目成效的綜合評量。再三，參考 Chu, Tsao (2002) 與 Cheng(1998) 文中提出模糊數排序之方法，而提出一距離法來進行評估結果之排序。繼而以重要－績效分析法 (Important Performance Analysis, IPA) (Martilla, James., 1977; Eskildsen, Kristensen., 2006) 來進行重要性高但達成度低之培養方法的分析。最後，將這些方法整合成一教學成效評量與分析的完整架構。其本研究分析步驟如下：

一、建立模糊分類

首先，將整個學年的所有課程之平均成績視爲一語意變數，其類別爲模糊值，分別爲“極差”、“差”、“普通”、“佳”與“極佳”5 個等級類別。接而以證據理論 (Shafer, 1976) 來詮釋隸屬度函數的方法 (Dubios, Moral, Prade., 1997)，可以在受訪者不懂模糊理論之情況下，以區間統計資料來建立模糊類別之隸屬度函數。故即可將老師們不同評分尺度的培養方法進行整合，形成隸屬函數。並將其各得分予以模糊分類 (Fuzzy Classification)，然模糊分類即是假設一個物件，經過模糊分類後隸屬於 5 個類別的程度，可表示成一向量 :

$$R=\left[r_1\ \ r_2\ \cdots\ r_n\right] \tag{1}$$

其中，rj 代表此物件隸屬第 j 個類別的程度。

二、多準則多關聯綜合評估法

決策之總目標 (G) 位於層級的最上層，往下展開至多個層級，而每一層級 i 含有多個準則 (O_k^i)，如圖 1 所示。每一層級內每一準則皆與上一層級之每個準則相關聯，兩個層級間形成多關聯式的網路結構。層級的多寡，視決策系統的複雜性而定。某層級 i 中的某個準則 O_k^i ，對於上一層級 $i-1$ 中某個準則 O_j^{i-1} 的關聯，以權重 w_{jk}^i 表示。假設其決策方案在最下層級 i 之準則 O_k^i ，對其 n 個模糊類別的分類表示爲一向量 $R_k^i=\left[r_{k1}^i\ \ r_{k2}^i.....r_{kn}^i\right]$，則可將層級 i 所有準則之模糊分類 R_k^i 配合權重向上一層級傳遞，進而計算得 R_j^{i-1} 。依此方法繼續向上傳遞，最後可算出所有準則 O_k^i 與總目標 G 的模糊分類。而這個方法基本上是模糊綜合評估法 (Fzzuy Comprehensive Assessment, FCA) (Yager, 1977; Feng et al., 1999a; Shen et al., 2005) 的擴展。其詳細之計算步驟說明如下：

(一) 建立決策架構

首先必須對探討的決策界定，找出影響決策的主要、次要準則，並建構出整個決策架構。層級 i 的所有準則所組成的集合，以 U^i 表示，如 (2) 式

$$U^i=\left\{O_1^i,O_2^i,.....,O_k^i,.....,O_q^i\right\} \tag{2}$$

其中，O_k^i 表示第 i 層級的第 k 個準則，q 爲這個層級所有準則的數目。

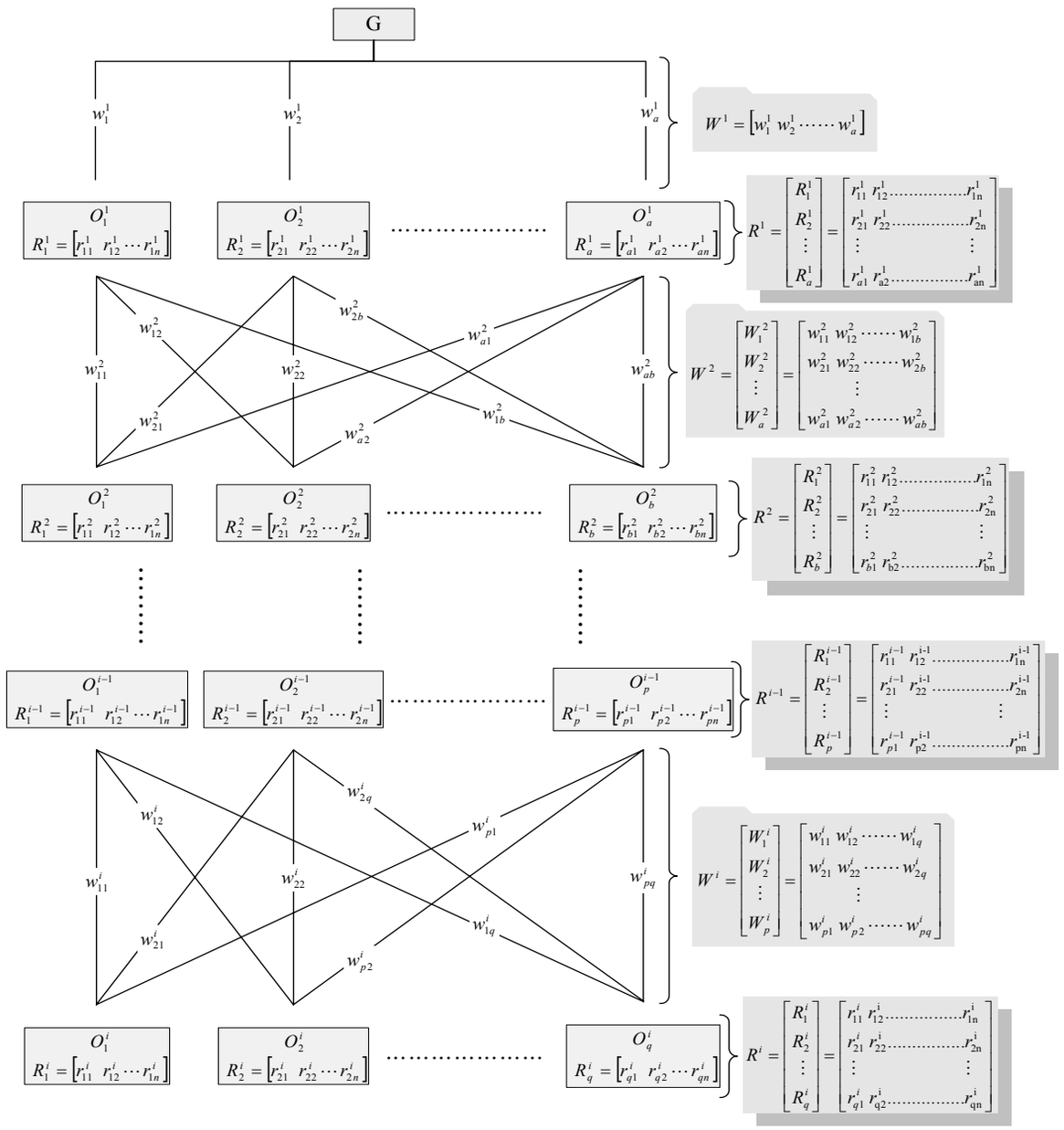


圖 1. 多準則多關聯綜合評估法之決策架構

(二) 建立權重集

在層級 i 的所有準則，對於上一層級 $i-1$ 的準則 O_j^{i-1} ，皆有相對應之權重，其所組成之集合，稱爲權重集，常以 W_j^i 表示。如 (3) 式

$$W_j^i=\left[w_{j1}^i\ \ w_{j2}^i,\ldots\ldots\ldots,w_{jq}^i\right] \tag{3}$$

其中，w_{jk}^i 表示 O_k^i 對於 O_j^{i-1} 之權重，其權重值總和爲 1，如 (4) 式

$$\sum_{k=1}^{q} w_{jk}^i=1 \tag{4}$$

同理可求得其他的權重集，將其整合建立層級 i 的權重矩陣 W^i ，如 (5) 式

$$W^{i}=\begin{bmatrix}W_1^{i}\\W_2^{i}\\\vdots\\W_p^{i}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}w_{11}^{i}\ w_{12}^{\mathrm{i}}\cdots\cdots\cdots w_{1q}^{\mathrm{i}}\\w_{21}^{i}\ w_{22}^{\mathrm{i}}\cdots\cdots\cdots w_{2q}^{\mathrm{i}}\\\vdots\qquad\qquad\vdots\\w_{p1}^{i}\ w_{p1}^{\mathrm{i}}\cdots\cdots\cdots w_{pq}^{\mathrm{i}}\end{bmatrix}_{p\times q} \tag{5}$$

但是，由總目標 G 發展而下的第 1 個層級，其權重值表示爲

$$W^{1}=\left[w_1^{1}\ \ w_2^{1}\cdots\cdots,w_a^{1}\right] \tag{6}$$

其中，w_j^{1}代表第 1 層級準則O_j^{1}對總目標 G 的權重，a 爲這各層級中所有準則的數目。

(三) 綜合決策

對最下層級 i 的準則 O_k^{i} 進行評估，其得分已轉換爲模糊分類之向量 R_k^{i} ，亦稱爲評估集，可表示成 (7) 式

$$R_k^{i}=\left[r_{k1}^{i}\ \ r_{k2}^{i}\cdots\cdots,r_{km}^{i},\cdots\cdots r_{kn}^{i}\right] \tag{7}$$

其中，r_{km}^{i}代表教學項目 k 對模糊類別 m 的隸屬程度。

同理可求此層級其他的評估集，將其整合建立層級 i 的評估矩陣 Ri，如 (8) 式

$$R^{i}=\begin{bmatrix}R_1^{i}\\R_2^{i}\\\vdots\\R_q^{i}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}r_{11}^{i}\ r_{12}^{\mathrm{i}}\cdots\cdots\cdots\cdots r_{1n}^{\mathrm{i}}\\r_{21}^{i}\ r_{22}^{\mathrm{i}}\cdots\cdots\cdots\cdots r_{2n}^{\mathrm{i}}\\\vdots\qquad\qquad\qquad\vdots\\r_{q1}^{i}\ r_{\mathrm{q}2}^{\mathrm{i}}\cdots\cdots\cdots\cdots r_{\mathrm{q}n}^{\mathrm{i}}\end{bmatrix}_{q\times n} \tag{8}$$

綜合考慮層級 i 所有準則的評估值與權重，可計算上一層級 $i-1$ 的評估集，如 (9) 與 (10) 式

$$R^{i-1}=W^{i}\cdot R^{i} \tag{9}$$

即

$$\begin{aligned}R^{i-1}&=\begin{bmatrix}R_1^{i-1}\\R_2^{i-1}\\\vdots\\R_p^{i-1}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}r_{11}^{i-1}\ r_{12}^{\text{i-1}}\cdots\cdots\cdots\cdots r_{1n}^{\text{i-1}}\\r_{21}^{i-1}\ r_{22}^{\text{i-1}}\cdots\cdots\cdots\cdots r_{2n}^{\text{i-1}}\\\vdots\qquad\qquad\qquad\vdots\\r_{p1}^{i-1}\ r_{\mathrm{p}2}^{\text{i-1}}\cdots\cdots\cdots\cdots r_{\mathrm{p}n}^{\text{i-1}}\end{bmatrix}_{p\times n}\\&=\begin{bmatrix}w_{11}^{i}\ w_{12}^{\mathrm{i}}\cdots\cdots\cdots w_{1q}^{\mathrm{i}}\\w_{21}^{i}\ w_{22}^{\mathrm{i}}\cdots\cdots\cdots w_{2q}^{\mathrm{i}}\\\vdots\qquad\qquad\vdots\\w_{p1}^{i}\ w_{\mathrm{p}2}^{\mathrm{i}}\cdots\cdots\cdots w_{\mathrm{p}q}^{\mathrm{i}}\end{bmatrix}_{\mathrm{p}\times\mathrm{q}}\begin{bmatrix}r_{11}^{i}\ r_{12}^{\mathrm{i}}\cdots\cdots\cdots\cdots r_{1n}^{\mathrm{i}}\\r_{21}^{i}\ r_{22}^{\mathrm{i}}\cdots\cdots\cdots\cdots r_{2n}^{\mathrm{i}}\\r_{31}^{i}\ r_{32}^{\mathrm{i}}\cdots\cdots\cdots\cdots r_{3n}^{\mathrm{i}}\\\vdots\qquad\qquad\qquad\vdots\\r_{q1}^{i}\ r_{\mathrm{q}2}^{\mathrm{i}}\cdots\cdots\cdots\cdots r_{\mathrm{q}n}^{\mathrm{i}}\end{bmatrix}_{q\times n}\end{aligned} \tag{10}$$

其中，r_{jm}^{i-1} 的算法，如 (11) 式

$$r_{jm}^{i-1} = \sum_{k=1}^{q} (w_{jk}^{i} \times r_{km}^{i}) \tag{11}$$

式 (10) 中，R^{i-1} 的第 j 行 R_j^{i-1}，表示如 (12) 式

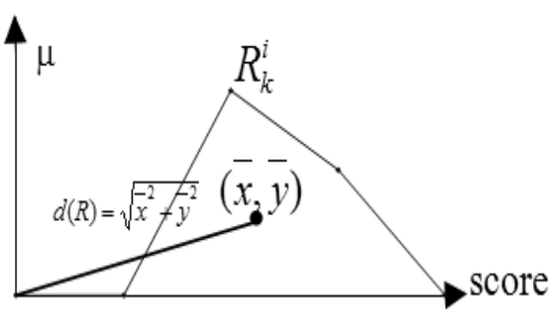
$$R_j^{i-1} = \left[r_{j1}^{i-1} \;\; r_{j2}^{i-1} \ldots\ldots\ldots r_{jn}^{i-1} \right] \tag{12}$$

代表準則 O_j^{i-1} 的得分之模糊分類的結果。

重複 (10) 式，可計算得整個決策架構的所有準則 O_k^i 之評估集 R_k^i。

三、以模糊排序法 (Fuzzy Ranking) 進行評估結果排序

經由模糊運算之後，雖然得到一整體的評估值，但是屬於模糊類別的隸屬程度關係，並無法直接進行排序。本研究參考 Chu et al. (2002) 與 Cheng (1998) 文中提出模糊數排序之方法，進而提出一距離法，如圖 2 所示。



Distance method to defuzzify fuzzy numbers

圖 2. 模糊集合排序之距離法

其中 X 軸代表個模糊類別，Y 軸則是經由評估後所得隸屬於各類別之程度。再者，求出形心點之座標 ($\bar{x}$, $\bar{y}$)，其值如 (13) 式所計算。

$$\bar{x} = \frac{\int xB(x)dx}{\int B(x)dx} \qquad \bar{y} = \frac{\int yB(y)dy}{\int B(y)dy} \tag{13}$$

式中之分母分別爲 B(x) 與 B(y) 之面積，$\bar{x}$ 與 $\bar{y}$ 分別是該面積之形心在 X 軸與 Y 軸上之投影位置。最後則利用原點至形心點 $(\bar{x}, \bar{y})$ 所之距離，以來判定排序的問題，如 (14) 式。

$$d(R) = \sqrt{\bar{x}^2 + \bar{y}^2} \tag{14}$$

四、重要 - 績效分析法

重要 - 績效分析法 (IPA) 是由 Martilla et al. (1977) 提出的架構，用以衡量屬性的重要及績效，此模式是一種低成本易了解的工具。其方法是將重要性與績效的得分繪製於一個二維空間中；空間裡之橫軸與縱軸的尺度和象限位置可以視需求來訂定，如各軸之總平均值、等級中點或中位數等方式，但無論取何種方式，其重要的是空間中各不同點的相關位置。

基本上，IPA 是依照「重要性」與「績效」二個構面的高、低值將屬性分成四個象限，如圖 3 所示。

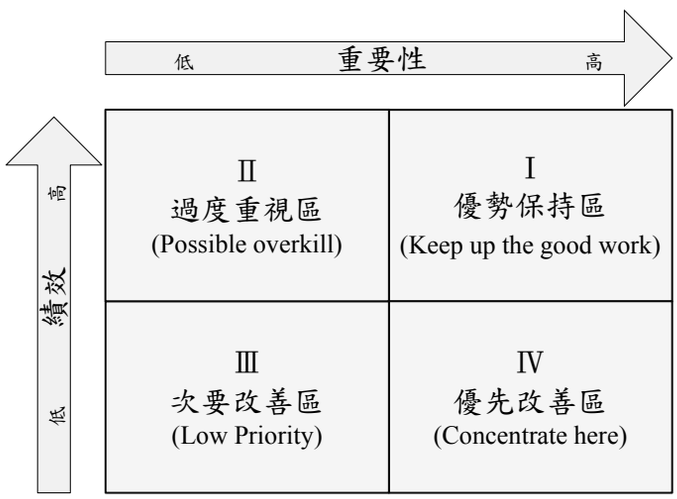


圖 3. 重要 - 績效分析模式

圖中以重要性爲橫軸，績效爲縱軸，各屬性在重要性與績效同時評定時之標示在二維空間中，其隸屬之象限所代表之意義說明如下 (Martilla et al., 1977; Chu, Choi, 2000; Simha, Nancy., 2005)：(1) 第一象限 (I)：優勢保持區，此象限內爲高重要性與高績效區，當屬性落入此區時，即是重視程度與滿意程度皆高。表示此區是滿意的指標，也是取得競爭的優勢來源，因此應繼續維持表現水準。(2) 第二象限 (II)：過度重視區，此象限內爲低重要性與高績效區。當屬性落入此區時，即重視程度不高，但是滿意程度高，表示此區對提升滿意度的影響不大，卻投入太多的資源在此，造成資源浪費。(3) 第三象限 (III)：次要改善區，此象限內爲低重要性與低績效區。當屬性落入此區時，即指重視程度與滿意程度皆不高，而投入的資源也有限，應視爲次要改善的目標。(4) 第四象限 (IV)：優先改善區，此象限內爲高重要性與低績效區。當屬性落入此區時，即屬性非常重要，但是感到表現普通或是滿意低落，應將其視爲優先改善之目標。

本研究將使用重要 - 績效分析法來回溯分析本系教育與核心能力之重要性與達成度的關聯性，藉此找出優先改善的標的，作爲本系工程教育持續改善的依據。

整合上述步驟，可得一教學成效評量與分析的架構，如圖 4 所示。此架構先將所有培養方法與其高、低標之不同尺度的評量結果進行模糊分類，其類別仍是根據本系教師之

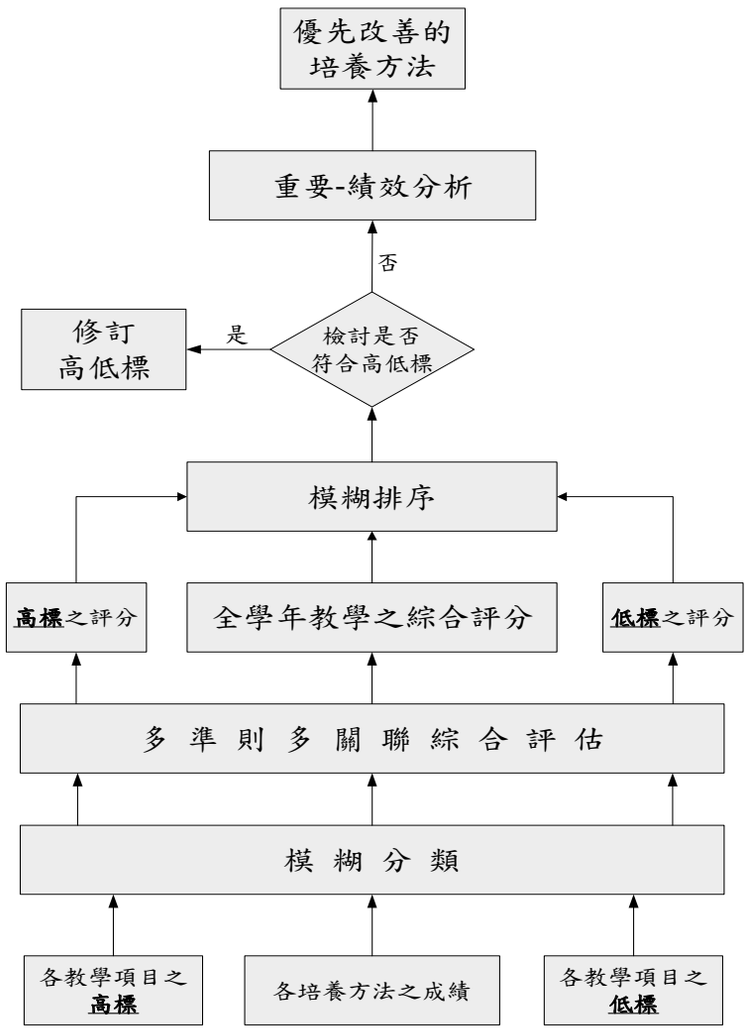


圖 4. 教學成效與分析之整合式架構

問卷建立，繼而以 MCCA 進行所有培養方法的綜合評量，在利用距離法進行評量結果與高低標之排序比對。此時若達高標時，將對現行之高標重新修訂；若未達高低標，進行重要 - 績效分析，找出優先改善的培養方法，以達成持續改善的循環。

參、案例研究分析與探討

一、學系介紹

爲了提升環境工程教育之品質，改善學生學習之成效，並符合社會之需求，進而訂定了教育目標、核心能力與培養方法。教學目標之內容如下：1. 工程基礎。2. 專業知識。3. 工程倫理。4. 團隊合作。十項核心能力內容如下：a. 運用數學、自然科學的知識於工程學的能力。b. 發掘、思考及解決下列領域問題的能力：都市環境保護、工業污染防治、環境規劃管理、工業安全衛生等。c. 設計與執行實驗，分析與解釋數據的能力。d. 執行工程實務所需技術、技能與使用工具的能力。e. 理解自然生態系統與人造環境系統的功能，並

具備設計環境工程系統、元件或程序，以符合社會需求的能力。f. 認知專業證照的重要性及終生學習的必要性。g. 瞭解專業及倫理責任。h. 具備當代環境課題的廣泛學識，俾瞭解工程技術對社會及全球的影響。i. 具備在多元學科團隊中的工作能力。j. 具備有效溝通的能力。六大培養方法內容如下：a. 正式課程。b. 業界參訪與交流。c. 學術演講。d. 實習。e. 參加競賽。f. 專題製作。

二、教學成效評量

(一) 建立決策架構

依據本系所訂定出的教育目標、核心能力及培養方法，進而可建構出本系整體的決策架構，如圖 5 所示。

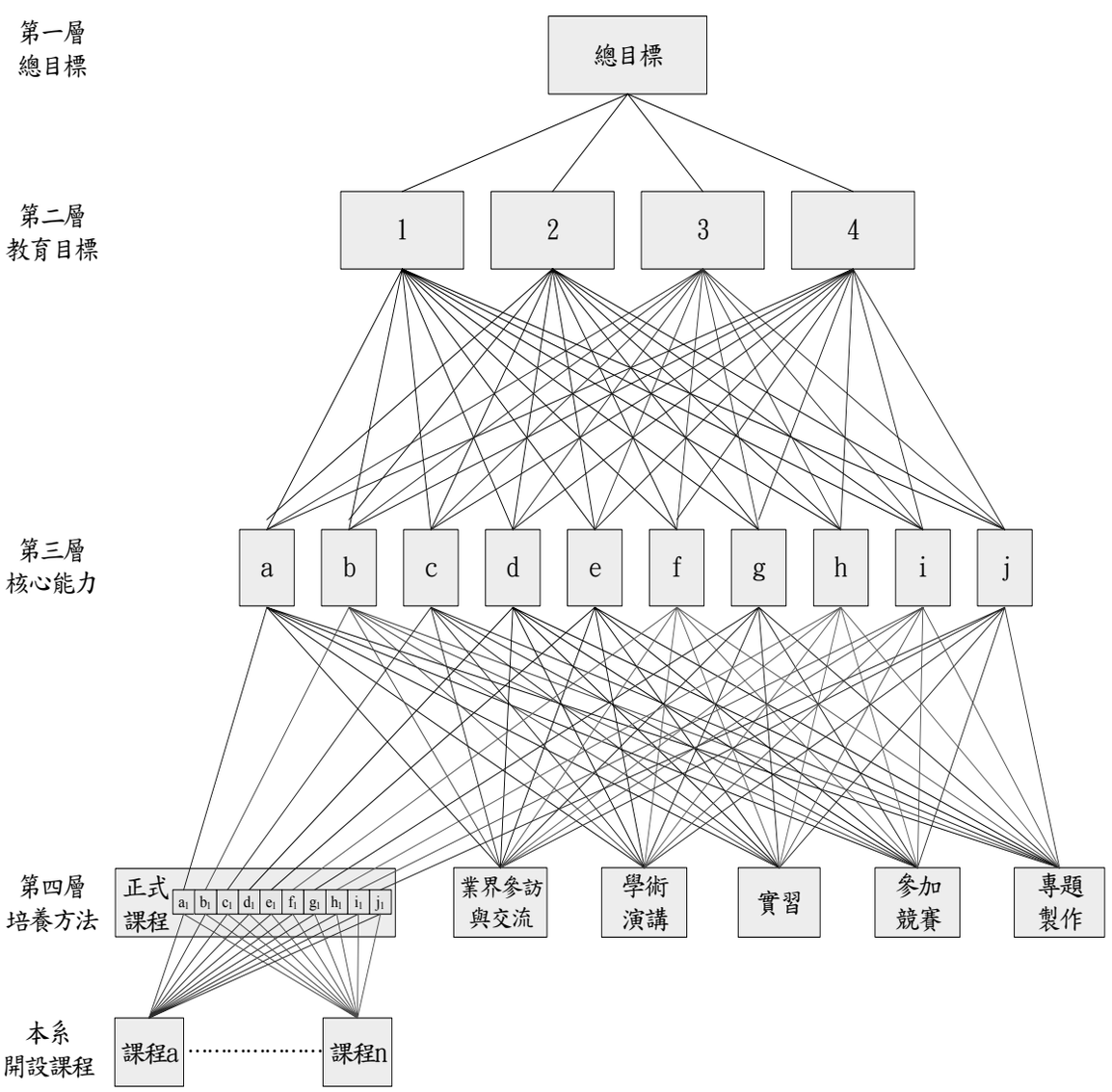


圖 5. 教學成效之決策架構

表 1 核心能力對教育目標之權重

教育目標 \ 核心能力		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
權重	1. 工程基礎	0.213	0.157	0.171	0.150	0.122	0.035	0.000	0.049	0.091	0.010
	2. 專業知識	0.113	0.159	0.149	0.141	0.151	0.093	0.048	0.098	0.040	0.008
	3. 工程倫理	0.000	0.000	0.000	0.009	0.070	0.169	0.305	0.239	0.113	0.094
	4. 團隊合作	0.006	0.013	0.025	0.038	0.038	0.000	0.051	0.032	0.399	0.399

總共分爲四層，由最上層之總目標往下展開至的教育目標階層；接而，再往下傳遞至核心能力階層；最後，則是培養方法階層。本研究即是依據六種培養方法，利用多關聯多準則綜合評估法，求出核心能力與教育目標，最終找出我們的總目標，進而形成本系教學成效之決策架構。其中，正式課程又細分爲十項核心能力，是由本系某些課程所組成的，而往上傳遞時，將依照所屬之核心能力各自往上傳遞。

(二) 建立權重集

在正式課程中，某課程相對於某核心能力權重的訂定，是根據每位教師對所開授之課程對應核心能力所給予分數，按照得分佔整個某核心能力的比重而求得，而求得之權重。

在某培養方法相對於某核心能力之權重訂定，將藉重本系教師們的專業知識與經驗，利用問卷方式了解兩者之間之關聯，按照得分佔整個某核心能力的比重而求得。在某核心能力相對於某教育目標之權重訂定，根據每位教師認知給予分數，按照得分佔整個某教育目標的比重而求得，求得之權重如表 1。

依照公式，並配合上述求得知權重，逐層往上傳遞，最後可求得第三層核心能力，如 (15) 式。

$$W^3 = \begin{bmatrix} 0.875 & 0.015 & 0.012 & 0.018 & 0.015 & 0.065 \\ 0.732 & 0.036 & 0.024 & 0.042 & 0.039 & 0.127 \\ 0.518 & 0.018 & 0.014 & 0.045 & 0.082 & 0.323 \\ 0.492 & 0.078 & 0.046 & 0.188 & 0.058 & 0.138 \\ 0.442 & 0.071 & 0.054 & 0.108 & 0.079 & 0.246 \\ 0.283 & 0.054 & 0.167 & 0.261 & 0.056 & 0.179 \\ 0.320 & 0.083 & 0.192 & 0.296 & 0.031 & 0.078 \\ 0.204 & 0.081 & 0.242 & 0.183 & 0.048 & 0.242 \\ 0.173 & 0.016 & 0.031 & 0.186 & 0.103 & 0.491 \\ 0.253 & 0.034 & 0.073 & 0.161 & 0.086 & 0.393 \end{bmatrix} \tag{15}$$

同樣的，逐層往上傳遞，即可求得 (16) 式

$$W^2=\begin{bmatrix} W^2_1 \\ W^2_2 \\ W^2_3 \\ W^2_4 \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} 0.213 & 0.157 & 0.171 & 0.150 & 0.122 & 0.035 & 0.000 & 0.049 & 0.091 & 0.010 \\ 0.113 & 0.159 & 0.149 & 0.141 & 0.151 & 0.093 & 0.048 & 0.098 & 0.040 & 0.008 \\ 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.009 & 0.070 & 0.169 & 0.305 & 0.239 & 0.113 & 0.094 \\ 0.006 & 0.013 & 0.025 & 0.038 & 0.038 & 0.000 & 0.051 & 0.032 & 0.399 & 0.399 \end{bmatrix} \tag{16}$$

(三) 綜合決策

本研究之模糊類別分爲“極差”、“差”、“普通”、“佳”與“極佳”5 個等級類別之分類。培養方法中，正式課程以證據理論 (Shafer, 1976) 來詮釋隸屬度函數的方法 (Dubios et al., 1997)，可以在受訪者不懂模糊理論之情況下，以區間統計資料（論域爲 U）來建立模糊類別 F 之隸屬度函數$\mu_F(u)$，如下式：

$$\mu_F(u)=\pi(u)=Pl(\{u\})=\sum_{A_i\cap u\neq\varnothing} m_i=\sum_{u\in A_i} m_i \tag{17}$$

其中，F 爲一模糊類別，$\mu_F(u)$ 爲其隸屬度函數，也可解釋爲一可能性分佈$\pi(u)$。可能性分佈 (Possibility distribution) 被視爲是機率分佈 (Probability distribution) 的上限值，也就是證據理論裡的 plausibility function $Pl(\{u\})$。令$A_1, A_2, ..., A_n \in U$ 爲論域 U 裡的明確子集合，在證據理論裡被視爲觀察到的證據，而$m_i = m(A_i) \in (0,1]$ 稱爲 mass assignment 或 probability assignment，代表這些證據的強度。要注意的是，所有證據的強度和爲 1，也就是$\sum_{i=1}^{n} m_i = 1$。當我們採取問卷的方式訪問 n 個人對於 F 這個類別所認爲適合之區間時，共有$A_1, A_2, ..., A_n$的答案，其各自之證據強度$m_i = m(A_i)$假設皆爲 1/n。

回到本研究，我們將整個學年的所有課程之平均成績視爲一語意變數，其類別爲模糊值，分別爲“極差”、“差”、“普通”、“佳”與“極佳”5 個等級類別，首先以建立“佳 (good)”這個模糊類別來做說明。根據大葉大學環境工程系 12 位教師的問卷針對“佳”這個模糊類別所做的區間之統計，如圖 6 所示。

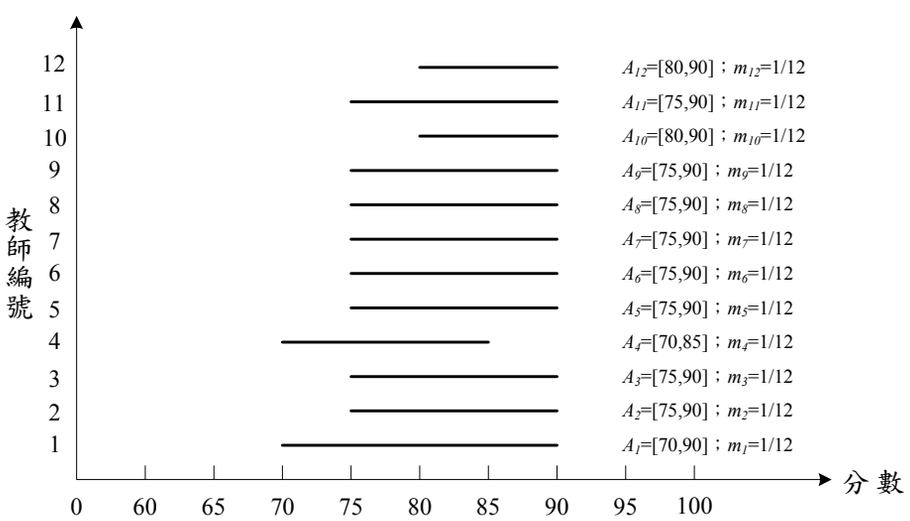


圖 6. 大葉環工 12 位教師針對成績“佳 (good)”所判斷的區間統計

每一個區間之強度 m_i = 1/12，因此

$$\mu_F(u=65)=0\times 1/12=0\ ；$$
$$\mu_F(u=70)=2\times 1/12=0.167\ ；$$
$$\mu_F(u=75)=10\times 1/12=0.833\ ；$$
$$\mu_F(u=80)=12\times 1/12=1.000\ ；$$
$$\mu_F(u=85)=11\times 1/12=0.917\ ；$$
$$\mu_F(u=90)=0\times 1/12=0\ 。$$

將其形成之隸屬度函數繪出，如圖 7。

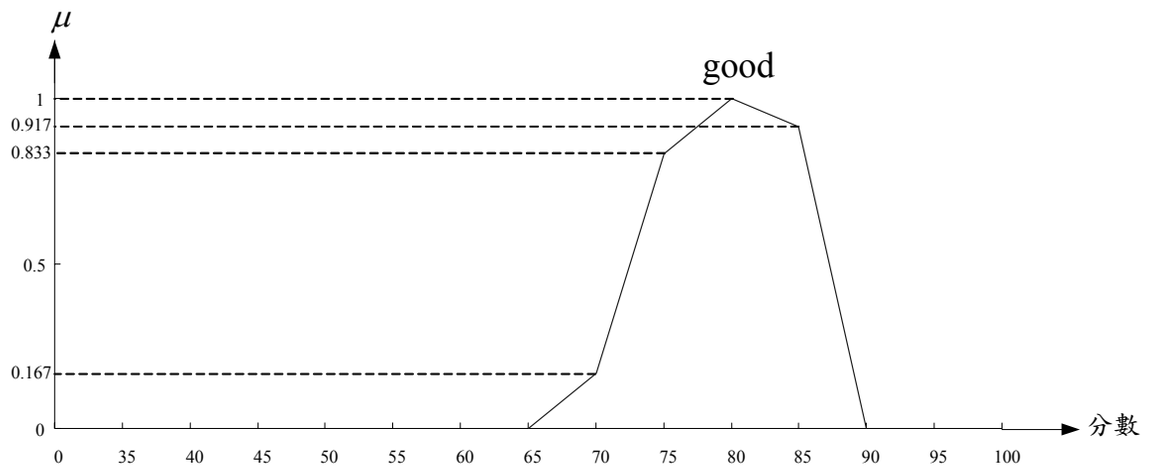


圖 7. 語意變數“佳 (good)”之模糊類別

同理可建立“極差”、“差”、“普通”與“極佳”的模糊類別，如圖 8。

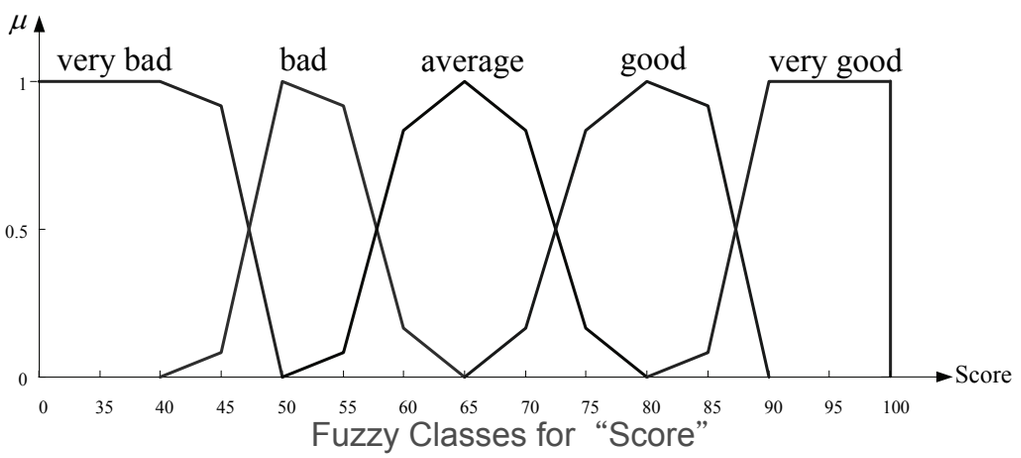


圖 8. 正式課程之“成績”模糊類別等級

在進行決策前，需先將其達成度（成績）利用模糊分類進行轉換，在正式課程中之達成度，主要是藉由相關課程的平均成績加權平均而來，因此其滿分爲 100 分。且有了權重與平均成績，即可求得針對課程之十項核心能力的達成率，如表 2

表 2 正式課程教育核心能力的達成度（滿分爲 100 分）

核心能力	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
達成度	70.4	72.6	72.8	73.6	71.4	74.6	75.6	73.4	75.2	76.6

其餘五種培養方法之達成度（成績），則是以針對 94 學年學生之問卷調查之統計結果進行平均所得，採用的是李克特五等尺度量表 (Likert Scale)，如表 3 所示。

表 3 其餘培養方法的達成度（滿分爲 5 分）

培養方法	業界參訪	學術演講	校外實習	參加競賽	專題製作
達成度	3.95	3.66	3.54	3.37	3.90

另外高低標值，也是依據教師之問卷調查之結果加以平均所得，整理如表 4。

表 4 各培養方法之高低標值

培養方法	正式課程	業界參訪	學術演講	校外實習	參加競賽	專題製作
高標值	75.42	4.25	4.25	4.00	4.00	4.25
低標值	64.17	3.42	3.42	3.33	3.21	3.71

將上述之各別達成度與高低標值進行模糊分類後可形成各向量，整理如表 5 至表 7。

關於全學年評分，有了上述的評估集與權重，即可利用前一節所提之方法計算出第三層之評估集，如下式。

$$
\begin{aligned}
R_1^3 &= [0.00 \quad 0.00 \quad 0.71 \quad 0.29 \quad 0.00] \\
R_2^3 &= [0.00 \quad 0.00 \quad 0.43 \quad 0.57 \quad 0.00] \\
R_3^3 &= [0.00 \quad 0.00 \quad 0.35 \quad 0.65 \quad 0.00] \\
R_4^3 &= [0.00 \quad 0.00 \quad 0.33 \quad 0.67 \quad 0.00] \\
R_5^3 &= [0.00 \quad 0.00 \quad 0.43 \quad 0.57 \quad 0.00] \\
R_6^3 &= [0.00 \quad 0.00 \quad 0.30 \quad 0.70 \quad 0.00] \\
R_7^3 &= [0.00 \quad 0.00 \quad 0.28 \quad 0.72 \quad 0.00] \\
R_8^3 &= [0.00 \quad 0.00 \quad 0.30 \quad 0.70 \quad 0.00] \\
R_9^3 &= [0.00 \quad 0.00 \quad 0.24 \quad 0.76 \quad 0.00] \\
R_{10}^3 &= [0.00 \quad 0.00 \quad 0.22 \quad 0.78 \quad 0.00]
\end{aligned}
\tag{18}
$$

表 5　達成度模糊等級類別分佈

培養方法		極差	差	普通	佳	極佳
正式課程能力（R_1^4）	a（R_{1a}^4）	0.00	0.00	0.78	0.22	0.00
	b（R_{1b}^4）	0.00	0.00	0.49	0.51	0.00
	c（R_{1c}^4）	0.00	0.00	0.46	0.54	0.00
	d（R_{1d}^4）	0.00	0.00	0.35	0.65	0.00
	e（R_{1e}^4）	0.00	0.00	0.65	0.35	0.00
	f（R_{1e}^4）	0.00	0.00	0.22	0.78	0.00
	g（R_{1g}^4）	0.00	0.00	0.15	0.85	0.00
	h（R_{1h}^4）	0.00	0.00	0.38	0.62	0.00
	i（R_{1i}^4）	0.00	0.00	0.16	0.84	0.00
	j（R_{1j}^4）	0.00	0.00	0.11	0.89	0.00
業界參訪與交流（R_2^4）		0.00	0.00	0.05	0.95	0.00
學術演講（R_3^4）		0.00	0.00	0.34	0.66	0.00
實習（R_4^4）		0.00	0.00	0.46	0.54	0.00
參加競賽（R_5^4）		0.00	0.00	0.63	0.37	0.00
專題製作（R_6^4）		0.00	0.00	0.10	0.90	0.00

表 6 高標值之模糊等級類別分佈

培養方法	極差	差	普通	佳	極佳
正式課程	0.00	0.00	0.15	0.85	0.00
業界參訪	0.00	0.00	0.00	0.75	0.25
學術演講	0.00	0.00	0.00	0.75	0.25
實習	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
參加競賽	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
專題製作	0.00	0.00	0.00	0.75	0.25

表 7 低標值之模糊等級類別分佈

培養方法	極差	差	普通	佳	極佳
正式課程	0.00	0.03	0.97	0.85	0.00
業界參訪	0.00	0.00	0.58	0.42	0.00
學術演講	0.00	0.00	0.58	0.42	0.00
實習	0.00	0.00	0.66	0.34	0.00
參加競賽	0.00	0.00	0.79	0.21	0.00
專題製作	0.00	0.00	0.29	0.71	0.00

進而，可計算出第二層教育目標與第一層總目標之評估集，其結果分別爲：

第二層教育目標

$$\begin{aligned} R_1^2 &= [0.00 \quad 0.00 \quad 0.43 \quad 0.57 \quad 0.00] \\ R_2^2 &= [0.00 \quad 0.00 \quad 0.39 \quad 0.61 \quad 0.00] \\ R_3^2 &= [0.00 \quad 0.00 \quad 0.29 \quad 0.71 \quad 0.00] \\ R_4^2 &= [0.00 \quad 0.00 \quad 0.26 \quad 0.74 \quad 0.00] \end{aligned} \tag{19}$$

第一層總目標

$$R^1 = [0.00 \quad 0.00 \quad 0.34 \quad 0.66 \quad 0.00] \tag{20}$$

依據表 6 與表 7 各評估集而形成評估矩陣與相對應之權重，進行運算，即可計算出高低標之總目標評估集，分別爲：

高標

$$R_{高}^1 = [0.00 \quad 0.00 \quad 0.06 \quad 0.84 \quad 0.10] \tag{21}$$

低標

$$R_{低}^1 = [0.00 \quad 0.01 \quad 0.69 \quad 0.30 \quad 0.00] \tag{22}$$

三、執行成效評量

本系經由六大培養方法之整體教學之成效，將與本系 12 教師問卷結果所得之高低標進行比較，以利自我檢查教學成效之達成度，但經由多準則多關聯綜合評估後之結果，並無法直接進行比較，故將依據前節介紹之模糊排序方法來進行排序比較，本研究之模糊等級類別爲“極差”、“差”、“普通”、“佳”與“極佳”5 個分類，故依序給予 1~5 之得分，並依照各個隸屬程度繪出，如圖 9。

再者，我們求出 X 軸與 Y 軸之形心點$\bar{x}$與$\bar{y}$，最後再利用 (14) 式來判斷教學成效之達成度，其結果如表 8 所示。由表 8 可以得知，經由距離法排序後，結果爲高標＞全學年＞低標，即代表著本系之整體的教學成效，距離本系教師所認定的目標尚有一段可努力的空間。

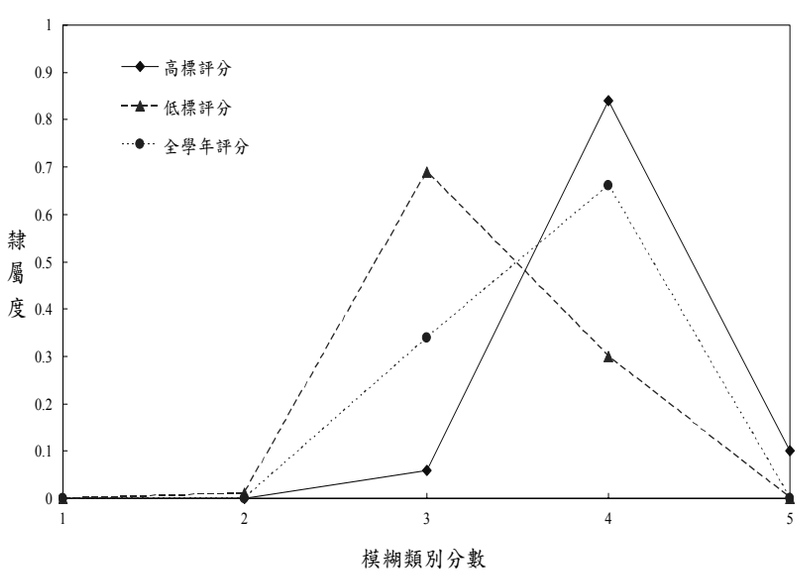


圖 9. 教學成效隸屬程度分佈區域圖

表 8 教學成效模糊排序比較

	$\bar{x}$	$\bar{y}$	$\sqrt{\bar{x}^2+\bar{y}^2}$	排序比較
高 標	3.96	0.27	3.97	高
全學年	3.66	0.22	3.67	中
低 標	3.28	0.22	3.29	低

四、學習成效之分析

對於本系執行成效未達高標部份，主要是利用重要 - 績效分析法 (IPA) 以各屬性之關聯性與達成度回溯分析教學成效，期望能提供本系之教學成效未來改善的依據與參考。

本研究係以決策架構階層間各準則之關聯性視爲重要性爲橫座標（ X 軸）；教學成效之達成度爲縱座標（ Y 軸），構成圖 3 之座標圖，再依據其重要性與達成度兩者之平均值將其切割成Ⅰ 、II 、III 、IV四個象限，以下就針對本系各階段之成效逐一進行回溯分析

第一部份：教育目標分析

依照前節所述之方法，即可計算出一個明確值，並將其視爲該項之達成度，結果如表 9。將此四大教育目標達成度之得分取平均值，爲 3.66。重要性則是依問卷結果，取其平均值爲 4.33，依此兩平均值作爲分隔點。可以得知，教育目標 2（專業知識）是重要性高但達成度低，則此爲本系改善教學首要目標。

表 9 本系教育目標之重要性與達成度

教育目標	1	2	3	4	平均
重要性	4.32	4.37	4.13	4.49	4.33
達成度	3.55	3.62	3.72	3.75	3.66

第二部份：核心能力分析

針對教育目標 2 往下進行回溯分析。依照前節所述之方法，將結果轉換，並視爲達成度。結果如表 10。將此十項核心能力達成度之得分取平均值，爲 3.65。重要性則是問卷調查中教育目標 2 調查結果，取其平均值爲 3.06。故可得知，核心能力 a、b 與 e 是重要性高但達成度低，則此爲本系改善教學首要目標。

表 10 本系十項核心能力之重要性與達成度

核心能力	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	平均
重要性	3.46	4.85	4.54	4.31	4.62	2.85	1.46	3.00	1.23	0.23	3.06
達成度	3.30	3.58	3.68	3.68	3.58	3.70	3.73	3.71	3.77	3.79	3.65

整體而言，本系在於基礎知識之培養最爲不足。換言之，即核心能力 a 之需優先改善之課程位居最多，且在此部份內之四個象限內也是分佈較多，意味著本系之課程在核心能

力 a 部份所屬較薄弱之能力，應特別注意此部份。但不論何種核心能力所對應需優先改善之課程，皆是本系優先改善之科目。

由本研究所提出系統化之整合式架構模式，可以簡單的模糊運算方法，將本系不同評分尺度之培養方法整合運算，有效的評量教學成效，並可獲得一客觀的評量結果。而在成效不彰需進行回溯時，我們則去除一些繁雜數學運算方法，採用容易理解之重要 - 績效分析法，利用重要性與達成度之雙重機制，使其清楚的呈現出本系的急待改善之教學科目，有效的驗證了本研究之整合式架構模式的適用性。由本案例可知藉此方法，我們即可提供本系未來努力的方向，以利本系教學成效之提升。

五、模糊與非模糊評分系統的對照分析

所謂模糊評分系統即指本研究提出之 MCCA，而非模糊評分系統即是利用簡單的加權平均法來進行評分，本節將討論此二者評分結果之差異。其結果如表 11 所示，所評估的結果與本研究模糊評分系統之方法相同，皆是未達高標，必需要進行教學成效檢討與分析，但是以非模糊評分系統僅僅只能瞭解總目標是否有達到高低標與各層級之評分結果，並無法深入瞭解在總目標與各層級的執行概況，以本案例來說，利用本研究方法來分析，除了可以瞭解到本系總目標的執行成效雖未達到本系之高標，還可得知本系整體執行狀況隸屬於佳的程度比隸屬於普通的隸屬程度，將近高兩倍，這表示著，目前雖未達到我們的高標，但在總目標執行成效而言，表示本系之教學成效算是可以接受，但還有努力的空間。而各層級間也是可以藉由評估結果可得到更多的隸屬於該項目的資訊。

肆、結論

本研究主要是建立一套持續改善的機制與一個整合式評量架構，使其能有客觀的評量方式及具體的教學成果作爲教學上之參考，使其能方便掌握持續改善之方向，有效的改善之教學品質，進而達成本系教育目標。主要達成目標如下：

1. 以多準則多關聯綜合評估法 (MCCA) 建立教學成效評量：藉此量化方法將能瞭解與年度目標值之達成程度的差異，便於了解教學執行成效。
2. 以重要 - 績效分析法 (IPA) 進行改善培養方法分析：以此方法，可以明確瞭解培養方法上的缺失，進而著手優先改善其方法。

本研究提出的系統是一決策模式 (MCCA) 與一弱點分析模式 (IPA) 的整合，其架構可以適用於其他不同特性的工程教育，如電機工程、資訊工程、工業工程等領域。其原因爲凡是進行工程教育認證，皆須訂定教育目標與核心能力，還須說明培養這些項目的課程與方法，因此會形成與本文類似的決策結構。

表 11 評估方法比較表

項目	評估方法	模糊評分系統 多準則多關聯綜合評估法 極差	差	普通	佳	極佳	距離法	非模糊評分系統
培養方法	正式課程 a	0.00	0.00	0.78	0.22	0.00	3.23	3.52
	b	0.00	0.00	0.49	0.51	0.00	3.52	3.63
	c	0.00	0.00	0.46	0.54	0.00	3.55	3.64
	d	0.00	0.00	0.35	0.65	0.00	3.66	3.68
	e	0.00	0.00	0.65	0.35	0.00	3.35	3.51
	f	0.00	0.00	0.22	0.78	0.00	3.79	3.73
	g	0.00	0.00	0.15	0.85	0.00	3.85	3.78
	h	0.00	0.00	0.38	0.62	0.00	3.63	3.67
	i	0.00	0.00	0.16	0.84	0.00	3.84	3.76
	j	0.00	0.00	0.11	0.89	0.00	3.89	3.83
	業界參訪	0.00	0.00	0.05	0.95	0.00	3.95	3.95
	學術演講	0.00	0.00	0.34	0.66	0.00	3.67	3.66
	實習	0.00	0.00	0.46	0.54	0.00	3.55	3.54
	參加競賽	0.00	0.00	0.63	0.37	0.00	3.38	3.37
	專題製作	0.00	0.00	0.10	0.90	0.00	3.90	3.90
核心能力	a	0.00	0.00	0.71	0.29	0.00	3.30	3.55
	b	0.00	0.00	0.43	0.57	0.00	3.58	3.66
	c	0.00	0.00	0.35	0.65	0.00	3.66	3.70
	d	0.00	0.00	0.33	0.67	0.00	3.68	3.69
	e	0.00	0.00	0.43	0.57	0.00	3.58	3.66
	f	0.00	0.00	0.30	0.70	0.00	3.70	3.69
	g	0.00	0.00	0.28	0.72	0.00	3.73	3.70
	h	0.00	0.00	0.30	0.70	0.00	3.71	3.71
	i	0.00	0.00	0.24	0.76	0.00	3.77	3.75
	j	0.00	0.00	0.22	0.78	0.00	3.79	3.76
教育目標	1. 工程基礎	0.00	0.00	0.43	0.57	0.00	3.55	3.66
	2. 專業知識	0.00	0.00	0.39	0.61	0.00	3.62	3.67
	3. 工程倫理	0.00	0.00	0.29	0.71	0.00	3.72	3.71
	4. 團隊合作	0.00	0.00	0.26	0.74	0.00	3.75	3.74
總目標		0.00	0.00	0.34	0.66	0.00	3.67	3.69
高標		0.00	0.00	0.06	0.84	0.10	3.97	4.00
低標		0.00	0.01	0.69	0.30	0.00	3.29	3.39

本研究提出幾點後續研究建議，目前只針對課程平均分數來探討，建議往後應再深入考慮其課程特性、教學上之難易度、學生學習效果、學生自我學習評量表及多元化面向來討論；目前對於各個培養方法，只利用單向之評量成績視爲其現階段成效，建議可以朝向教師與學生雙向互動之評量成果來探討；由於時間有限，未能充分掌握各培養方法下之細節，故盼往後分析者，能更深入剖析及研究各培養方法之細部項目。

參考文獻

一、中文部分

王元仁 (2003)。模糊理論應用於技職學校課程評鑑模式之探討。**國立臺北師範學院學報，51**，pp.49-62。

莊仲寧 (2002)。模糊數學方法在九年一貫課程學習領域綜合評量上之應用。國立臺中師範學院教育測驗統計研究所碩士論文。

賴阿福、陳靖旻 (2004)。國小自然科數位教材模糊劃評估工具及平台之發展研究。**科學教育研究與發展 2004 專刊**，pp.119-143。

蔡海璋 (2004)。以模糊理論建構國軍指參深造教育學習評量模式之研究。元智大學工業工程與管理學系碩士論文。

張吉成 (2003)。ABET 工程教育認證在技職校院實施之策略。**技職教育雙月刊，75**，pp.7-13。

蔡椿華 (2004)。針對 ABET 的系友評量 - 以逢甲大學爲個案研究爲例。逢甲大學資訊工程學系碩士論文。

郭應桐 (2004)。科技大學營建工程學系培養學生核心能力成效之研究。朝楊科技大學營建工程系碩士論文。

莊清榮 (2005)。工程教育認證之經驗分享。**化工，52**，pp.127-128。

張佩芬、黃珮晴 (2005)。IEET 認證規範與自評報告之審查。**化工，52**，pp.107-110。

黃柏仁 (2005)。工程科技教育認證 - 雲林科技大學電子系之經驗分享。**化工，52**，pp.129-132。

黃孝平 (2005)。談工程教育認證。**化工，52**，pp.111-116。

劉曼君、胡文聰 (2005)。The IEET Accreditation System on Engineering Education in a Global Context。**化工，52**，pp.100-106。

唐國豪 (2005)。建構有效落實 IEET 工程教育認證程序及經驗分享。**化工，56**，pp.117-126。

黃景燦 (2006)。工程教育認證資訊系統。長庚大學資訊工程學系碩士論文。

二、英文部分

Bai, Y., P. E., Asce, M., & Pigott, R. (2004). Assessing outcomes using program assessment portfolio approach, *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice, 130,* 246-254.

Burrow, M., Evdorides, H., Hallam, B., & Richard, F. H. (2005). Developing formative *assessments for postgraduate students in engineering. European Journal of Engineering Education, 30,* 255-263.

Chang, N. B., Chen, H. W., & Ning, S. K. (2001). Identification of river water quality using the Fuzzy Synthetic Evaluation approach. *Journal of Environmental Management, 63,* 293-305.

Cheng, C. H. (1998). A new approach for ranking fuzzy numbers by distance method. Fuzzy Sets and Systems, 95, 307-317.

Chu, R. K. S., & Choi, T. (2000). An importance-performance analysis of hotel selection factors in Hong Kong hotel industry: A comparison of business and leisure travelers. *Tourism Management, 21,* 363-377.

Chu, T. C., & Tsao, C. T. (2002). Ranking Fuzzy Numbers with an Area between the Centroid Point and Original Point. *Computers and Mathematics with Application, 43,* 111-117.

Dubios, D., Moral, S., & Prade, H. (1997). A semantic for possibility theory based on likelihoods. *Journal of Mathmatical Analysis and Applications, 205,* 359-380.

Eskildsen, J. K., & Kristensen, K. (2006). Enhancing Importance-Performance Analysis. *International Journal of Productivity and Performance Management, 55,* 40-60.

Enderle, J., Gassert, J., Blanchard, J., King, P., Beasley, D., Hale, P., & Aldridge, D. (2003). The ABCs of Preparing for ABET: Accreditation Issues for Biomedical Engineering Programs Undergoing the "Engineering Criteria Review Process." *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine, July/August,* 122~132.

Feng, S., & Xu, L. D. (1999a). Decision support for fuzzy comprehensive evaluation of urban development. *Fuzzy Sets and Systems,* 105, 1-12.

Feng, S., & Xu, L. D. (1999b). An intelligent decision support for fuzzy comprehensive evaluation of urban development. *Expert Systems with Applications, 16,* 21-32.

Koehn, E. E., P. E., & Asce, F. (2004). Enhancing Civil engineering education and ABET criteria through practical experience. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice, 130,* 77-83.

Koehn, E. E., P. E., Asce, F., & Parthasarathy, M. S. (2005). Practitioner and employer assessment of ABET outcome criteria. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice, 131,* 231-237.

Kuo, Y. F., & Chen, P. C. (2006). Selection of mobile value-added services for system operators

using fuzzy synthetic evaluation, *Expert Systems with Applications, 30,* 612-620.

Lu, R. S., Lo, S. L., & Hu, J. Y. (1999). Analysis of reservoir water quality using fuzzy synthetic evaluation. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 13,* 327-336.

Liang, Z., Yang, K., Sun, Y., Yuan, J., Zhang, H., & Zhang, Z. (2006). Decision support for choice optimal power generation projects: Fuzzy comprehensive evaluation model based on the electricity market. *Energy Policy, 34,* 3359-3364.

Martilla, J. A. & James, J. C. (1977). Importance-performance analysis. *Journal of Marketing, 41,* 77-79.

Nirmalakhandan, N., & White, K. (2000). Course Refinement through Outcome Assessment: A Case Study. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice, 126,* 27-31.

Onkal-Engin, G., Demir, I., & Hiz, H. (2004). Assessment of urban air quality in Istanbul using fuzzy synthetic evaluation. *Atmospheric Environment, 38,* 3809-3815.

Sadiq, R., & Rodriguez, M. J. (2004a). Fuzzy synthetic evaluation of disinfection by-products － a risk-based indexing system. *Journal of Environmental Management, 73,* 1-13.

Sadiq, R., Husain, T., Veitch, B., & Bose, N. (2004b). Risk-based decision-making for drilling waste discharges using a fuzzy synthetic evaluation technique. *Ocean Engineering, 31,* 1929-1953.

Shafer, G. (1976). *A Mathematical Theory of Evidence,* Princeton University Press, Princeton, New Jersey.

Simha, R. M., & Nancy, M. L. (2005). Using Importance-Performance Analysis to Evaluate E-Business Strategies among Small Businesses. Proceedings of the 38th Hawaii *International Conference on System Sciences.*

Shen, G., Lu, Y., Wang, M., & Sun, Y. (2005). Status and fuzzy comprehensive assessment of combined heavy metal and organo-chlorine pesticide pollution in the Taihu Lake region of China. *Journal of Environmental Management, 76,* 355-362.

Soeiro, A., & Cabral, J. S. (2004). Engineering students' assessment at University of Porto, *European Journal of Engineering Education. 29,* 283-290.

Tao, Y., & Xinmiao, Y. (1998). Fuzzy comprehensive assessment, fuzzy clustering analysis and its application for urban traffic environment quality evaluation. *Transpn Res.- D, 3,* 51-57.

Yager, R. R. (1977). Multiple objective decision-making using fuzzy sets. *Int. J. Man-Mach. Stud., 9,* 375-382.