

「數學、科學、科技」科際整合策略 應用於網路學習環境的設計與研究

蔡福興*、游光昭

(投稿日期：92年3月28日，接受日期：92年6月17日)

摘要

數學、科學、與科技教育(MST)三者間的科際整合教學理念，在美國 1980 年代後期的多項數學與科學教育改革報告提出後開始受到重視，其主要目的是希望藉此教學策略來改善學生的數學與科學成就。

本研究旨在對於對於近來逐漸受到重視「數學、科學、科技」科際整合教學策略進行探討，並對如何在網路化環境實施 MST 科際整合教學策略進行研究，以提出一個利用網路來進行 MST 科際整合學習的可行模式，再根據此一模式建構出可行的網路化學習平台，並對專家與學生初步使用此平台後的評鑑結果進行探討。

本研究初步獲得以下幾點研究成果：(1)「數學、科學、科技」科際整合教學策略極富教育意義而值得推廣；(2)本研究提供一可行的 MST 網路化學習模式；(3)本研究提供九年一貫課程之「自然與生活科技」領域一個可行的教學模式；(4)科技學習網初步獲得使用者之肯定，但仍有可加強改進之地方。

關鍵詞：數學教育、科學教育、科技教育、MST 科際整合、網路學習

*蔡福興：國立台灣師範大學工業科技教育系博士班研究生

游光昭：國立台灣師範大學工業科技教育系教授

Developing and Evaluation of a Web-Based Learning System for Applying the Interdisciplinary Teaching Strategies of Integrating Mathematics, Science and Technology Education

Fu-Hsing Tsai* Kuang-Chao Yu

Abstract

Since the mid 1980's in US most educational reform reports call for higher standards for curricula, student achievement and new approaches to teaching and learning. Many of these reports call for reform in science, mathematics, and technology education and integration of the three curricula.

The paper starts from analyzing the teaching strategies of integrating mathematics, science, and technology education (MST) and examining the advantages of learning in a web-based environment. Furthermore, the description of building up a MST web-based instruction model is presented.

The results of this study includes: (1) MST is the admirable teaching strategy and is worth popularizing, (2) a web-based learning model for applying MST teaching strategy is well developed, (3) this learning model are suitable for nine-years coherence curriculum, and (4) improvement is needed to increase the feasibility for learners.

Key words: Mathematics Education, Science Education, Technology Education, Interdisciplinary Teaching Strategies, MST, Web-Based Learning.

*Fu-Hsing Tsai: Doctoral Student, Department of Industrial Technology Education, National Taiwan Normal University.

Kuang-Chao Yu: Professor, Department of Industrial Technology Education, National Taiwan Normal University.

壹、緒論

一、研究動機

自從人類有歷史以來，科學與科技的發達與否一直牽動著人類的歷史發展與社會型態，甚至攸關國家的盛衰存亡與富強。因為科學與科技的發展關乎國家的盛衰與經濟動脈，所以向來國力強盛的國家都會重視教育的發展或致力於科學的教育，且只要其人民科學成就低落便常會引起一連串的教育改革。西元 1957 年蘇聯成功發射全世界第一枚人造衛星後，當時曾引來美國上下對於科學教育進行全面的檢討，使美國在 1960 年代間興起一連串科學教育改革的浪潮，希望藉由科學教育的改革使美國的科學與科技發展能迎頭趕上俄國。1980 年代後期，在美國一連串的研究報告指出美國學生的科學與數學成績低落，也引發美國第二次的科學教育改革浪潮，改變以往科學與數學的學習方式成為當時及後來科學教育改革的一個重要方向。此時，在美國科學教育社群中開始出現了科學應與數學、科技間進行統整學習的論點。

1985 年，美國科學促進協會(American Association for the Advancement of Science, AAAS)，發起了一項致力於改革美國科學、數學與科技教育之長期計畫—「二六一計畫(Project 2061)」。該計畫在 1989 年發表了「美國全民科學」(Science for All Americans)報告，其中提出了改變科學、數學及科技等學科教學策略的建議，認為過去的科學教學方法是過時的，且無法引起學生動機，大多數的科學教學方法僅注重科學知識的描述而很少提供學生應用數學或科技的機會(Johnson, 1989)。而 Blackwell & Henkin (1989)也指出，在理想狀態下，藉由引起學生興趣的動手操作學習經驗，使數學、科學與科技的整合將出現在未來的課程中。

美國的全國數學教師協會(National Council of Teachers of Mathematics)於 1989 年 3 月出版了中、小學數學課程和教學評核的 13 項標準。其中第一項標準命名為「數學就像問題解決」(Mathematics as Problem Solving)，主要希望數學教育能提供學生問題解決的機會、

提供學生合作學習、利用科技、解決真實生活(real-life)的問題。以讓學生能將數學應用在不同情境脈絡中，真正了解數學的好處，並藉此能摒除過去傳統數學注重數學符號證明運算等的學習方式，而是著重運用數學在真實世界「實作」的學習方式(NCTM, 1989)。在 13 項標準中的第四項名為「數學的連結」(Mathematical Connections)的標準裡，其目標更是希望數學能與學校其他科目間作連結。

由於 1980 年代末期科學教育的改革開始著重引起學生興趣的動手操作學習，及強調與數學、科技學習連結的觀念；而數學教育的改革也開始注重數學教育應用在真實生活的問題解決中，及將數學與其他學科間的連結學習。同樣地，科技教育也一向注重學生動手操作式的學習，及強調運用工具及適當技能來解決真實世界中的問題。因此，順應科學與數學教育改革的潮流，發展或實施數學、科學與科技(Mathematics, Science, and Technology, MST)三種學科的整合，亦成為目前科技教育專業領域裡最熱門的趨勢 (Foster,1994)。

LaPorte & Sanders (1993)曾指出，科學和數學在教學的理論上作得很紮實，但在實務應用上便顯得很脆弱。雖然科學與數學教育已經開始強調動手操作學習，企圖引起學生的好奇心並彌補實務經驗的缺乏，但許多的動手操作活動大多偏重於科學理論無法引起學生興趣。相對地，科技教育使學生有很強的實務經驗，但卻缺乏完善的科學理論教育，例如自 1971 年美國工藝課程計畫(Industrial Arts Curriculum Project)開使盛行起的 CO₂ 動力汽車，或是美國各地常會舉辦的省油車競賽，雖然學生對此活動興致勃勃，表現出高昂的學習動機，但往往學生卻無法了解汽車競賽之所以勝敗的真正原因。因此，MST 教學策略的提出正好可以補強過去科學、數學、及科技教育上的缺點，將理論與實務之間作一有意義的結合。

Berryman(1991)認為一般人並不會將平常在學校所學到的知識應用在日常生活中，也不會將日常生活的知識用在學校中，也就是說，一般人並不會將所學到的知識在不同學科之間相互運用。因此，Berryman(1991)認為情境脈絡是學習的關鍵所在，我們必須設法提供

一適當的學習情境，好讓學生能夠有機會使用他們所學的知識去實際體驗其成效(Bransford & Vye, 1989)。所以，Wicklein & Schell (1995)認為 MST 教學策略是有教育意義與價值的，因為 MST 教學策略能夠提供一個非結構性的問題解決情境，讓學生在此情境中進行高層次的思考與學習，並能藉由此適當的情境脈絡讓學生將所學的不同知識進行學習的轉移。

以往 MST 教學活動大多在傳統教育環境下進行，如在傳統的教室或實驗室，讓學生藉由一有創意性的問題解決活動，運用科技性的工具或設備、科學的原理、定律、數學原理、計算，親自動手操作或設計完成一成品，使學生在此活動過程中可以同時學到過去分立於數學、科學、科技等不同學科間的知識。而如今隨著資訊技術的進步、網路化學習環境的成熟，網路化的學習逐漸成為遠距教學與終身學習的重要趨勢。因此，MST 的學習策略如何利用相關的資訊技術在網路化的環境下實施，確實值得做進一步的實驗與探討。

因此，本研究希望對如何在網路化環境實施 MST 的學習進行探討，提出一個利用 web 來進行 MST 學習的可行模式，再根據此一模式建構出一理想的網路化平台，並對學生初步使用此平台後的評鑑結果進行探討。

二、研究目的

本研究旨在應用 MST 教學策略在網路環境建置一可行的學習系統，並藉此來了解 MST 教學策略在網路學習環境下建置之適切情形。具體之研究目的如下幾點：

1. 探討 MST 科際整合教學策略之內涵。
2. 探討 MST 科際整合教學策略在網路學習環境下之可行模式。
3. 建置一個以 MST 科際整合教學策略為主的網路學習系統。
4. 評估以 MST 科際整合教學策略為主的網路學習系統之適切性。

貳、相關文獻探討

一、數學、科學與科技的關係

數學長久以來被視為是博雅教育中的一門基礎課程，它可說是科學教育的基礎，又常與我們日常生活的事物息息相關，舉凡人類開始需要計數到今天我們購物、計算時間等常常都脫離不了數學的範疇。因此，在各國的義務教育裡，數學教育在基礎教育中的地位與重要性，似乎是無庸置疑的(邱守榕, 1996)。

數學與科學的關係，由「數學為科學之母」、「數學是科學的大門與鑰匙」等如此耳熟能詳的話語中便可一窺究竟。因為科學的研究需要數學作為工具、需要某些數學的定理作為基礎，而許多的科學定理最終目的便在導出一數學公式，如：牛頓(Newton)所提出的三大運動定律，其中的第二運動定律在說明：力向量 \vec{F} 、加速度向量 \vec{A} 與質量 m 之間的關係為 $\vec{F} = m\vec{A}$ 。而數學與科學又同為以追求真理為目的，數學家所追求的是一種數學運算上恆常不變的真理，如：三角函數定理、畢氏定理、尤拉定理等，這些「定理」都是數學家努力追求真理的成果。而科學家所追求的大多是自然現象中的真理，甚至有了某些數學定理作為基礎，才能有某些科學真理的發現。由此觀之，數學與科學之關係確實微妙，有種密不可分的关系。

科學(Science)與科技(Technology)的定義與分野，長久以來被眾多的學者討論，然至今人們對於科學與科技的定義和解釋都不盡相同，且仍難明確給予其間有一清楚的分界或說明其間的關係。Kranzberg(1984)認為科學關切的是知道「為什麼」(Knowing why)的問題，去理解自然界各種現象，作出合理的解釋與發展定律與原理；而「科技」則關切「如何作」(Knowing how)的問題，去作出成品或解決問題。Harrison(1984)區分科學、科技與工程(engineering)之間的區別在於「科學」是探討物理、化學、生物...等學科的現象與原理的過程，而「科技」則在生產和提供產品與服務，而「工程」則在探討如何解決問題(引自黃鴻博, 1994)。

因此，由科學與科技的個別定義裡可清楚看出其間的差異，科學著重在自然現象及定理原則的發現，而科技則重實用、注重成品的改良與開發。 DeVore(1987)曾以目標 (goals)、問題本質 (nature of problem)、以及問題環境(problem setting)三項要素來表示科學與科技之間的差異(如表一)。科學與科技的共通點都是在解決問題，科學在解決自然現象中人類無法理解的問題，科技則在解決現實世界中生活的問題。

表一 科技與科學的差異

	科技	科學
目標	建立人類製作的的能力，創造新而有用的產品、裝置、機器或系統	獲得對自然與宇宙實體的基本了解
問題	涉及設計、材料、能源、資訊與控制各種技術和社會變數的複雜且相互關連的問題，並與整體的系統有關	設計細微而可掌握的問題，以獲得一項可以為概括性理論的知識體系
環境	直接處在社會環境中	與符合社會直接需求的條件所隔閡

資料來源：DeVore, 1987, p.40

若我們再深入討論科學與科技相互間的關係時，則又會發現科學與科技之間的關係有很多重疊的地方，且近來因時代的演變，彼此間的關係越來越模糊。研究科學的人普遍喜歡將科技定義為「應用科學」，認為一切的科技發展是植基於科學的基礎之上，有了科學的原理定律才會有新科技、新技術的發明。持此種論點的或許可以反應部分科技的發展與科學間的關係，但事實上有些科技產品的發明並非藉由科學原理來產生的，甚至有些新的科學原理是藉由新的科技產品發明下所發現的。因此，將科技視為應用科學來解釋科學與科技彼此間的關係並非正確。正確的說，科學與科技的是一種伙伴關係，絕非一種主從關係，科學藉由科技來發現問題、探求真理，科技藉由某些科學原理來發明物品、解決生活上的需求問題，彼此相互關連利用共生。

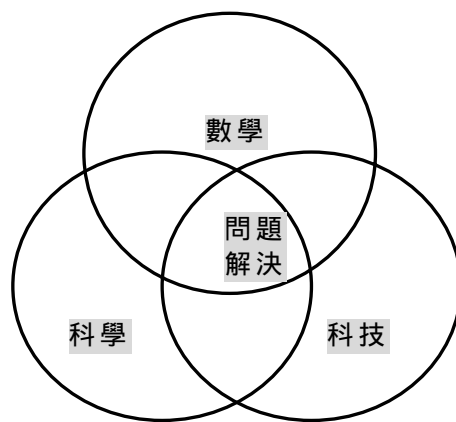
由數學與科學的關係到科學與科技的關係，我們已不難發現數學對科技或工程應用上之重要性。數學是科技的基礎，沒有數學則推演

不出現在的科技文明，任何科技領域、應用科學，無不必須應用到數學的，以目前最熱門的電腦科技為例，其最基本的觀念就在數學二進位的 0 與 1 之間(胡維新, 1996)；又以目前熱門的網路科技、資訊工程等領域裡，數學中的圖學理論、離散、模糊理論等應用更是資訊科技發展的重要關鍵所在。

因此，數學、科學、科技三者間除了有各自發展的目標、研究的領域外，彼此之間存在著許多相互依賴、相互應用的重疊區域。美國著名的的數學家哈爾莫斯(P. R. Halmos)曾說：「問題是數學的心臟。」(引自傅海倫, 1999)。自 1977 年起美國的幾項數學教育改革報告中，都開始強調問題解決在數學上的重要，1977 年「美國數學督學協會」(The National Council of Supervisors of Mathematics, NCSM)將「問題解決」放置在他們所揭示的十大數學基本能力範圍中的第一項基本能力；1989 年「美國數學督學協會」提出了廿一世紀數學學習重點，認為「問題解決的教學活動」是今後二十一世紀教育活動重點。而在科學的觀點上，科學研究主要即為了探求自然現象的問題，解決自然現象的問題必然是促使科學研究的主要動力。1910 年美國教育學家杜威於其思維術(How we think)一書中所提到的問題解決步驟：(1)遭遇問題、(2)辨別問題、(3)提出解決方案、(4)發展解決方案、(5)修正與評估解決方案，一直被視為最基本的科學研究方法之一。再者，科技的活動主要目的為解決人類需求上的問題以調適人類的的生活，科技的程序即是一種問題解決的過程，1990 年由美國多位科技教育學者所提出的科技教育概念架構課程理論(A Conceptual Framework for Technology Education)中，也明示了科技是為了解決人類的問題，透過資源、科技程序、以產出科技成品的一個循環過程。以我國為例，行政院教育改革審議委員會在民國八十五年所出版「教育改革總諮議報告書」中也認為：「科技化要普及科技知識，推廣科學精神，並要培養各種關鍵能力與解決問題的能力。」

由此推論，「問題解決」可謂數學、科學、科技三者間共通的核心目標，故數學、科學、科技三者間的關係或可簡單用圖一的方式來表示。三個圓圈交集的部分即三者間都共同強調的目標--「問題解

決」；數學與科學彼此交集的部分表示兩者間都以追求真理為目標，且有時科學的發展需藉助數學的運算，而有時數學原理的發現是來自於自然科學的現象；數學與科技交集的部分表示兩者間會相互應用的關係，有時科技的發展需要藉由數學的原理或運算，而有時數學運算也需藉由科技工具來輔助；而科學與科技的交集關係也是表示兩者間的共生關係，如有些科學的定理的發現需藉助科技性的工具，而有些科技產物的發明則是藉由科學原理的應用而來的。



圖一 數學、科學、科技三者間的關係圖

二、「數學、科學、科技」科際整合教學策略的歷史發展

課程統整或稱科際整合教學策略是近來世界各國教育發展的趨勢，而若要探究「數學、科學、科技」課程整合教學理念的源頭，最早應追溯至美國 1950 年代的工藝教育。當時美國著名的工藝教育學者 Donald Maley 便提倡教學方法的改革，倡導工藝課程加入研究、實驗以及學科統整的思想，其認為工業的發展必須以科學和數學為基礎。當時他便認為在科技教育融入科學與數學應用可以改善科學與數學的教學(Maley, 1959)。但至今，「數學、科學、科技」整合之教育理念之所以逐漸被認同，其真正的原因應該說是數學、科學與科技三種學科間不斷的教育改革演變所造成。我們可由美國一些關鍵性的數學、科學、科技教育改革專案或報告中，看到許多認為數學、科學、科技三種學科間應該進行統整或合作的建議，這些都是數學、科學、科技

整合教學策略之所以演變成爲一種新的教育理念的歷史發展過程或基本理由。

(一)美國科學教育的改革對 MST 發展之影響

自從 1957 年蘇聯發射第一顆人造衛星後，美國便持續在爲其科學教育進行檢討與改革，1988 年國際科學學習成就評量協會 (International Association for Evaluation of Educational Achievement)，出版了一份十七個國家在 1983 年到 1986 年間學生的科學成就測驗分數比較。在十歲年齡的學生中，日本與韓國學生的科學成就測驗分數排名第一，而美國學生僅排第八名，而在 14 歲學生的科學測驗分數中，美國在十七個國家裡竟排名第十四 (International Association for Evaluation of Educational Achievement, IEA, 1988)，這份報告警訊當時美國的科學教育應重新加以修正或改進。因此，在 1980 年代後期美國科學教育界掀起一連串的教育改革政策或專案報告，在此同時，美國科學教育社群中開始出現了科學應與數學、科技間進行統整學習的論點。

1985 年，世界最大的科學協會—美國科學促進協會 (American Association for the Advancement of Science, AAAS)，發起了一項致力於改革美國科學、數學與科技教育之長期計畫—「二六一計畫 (Project 2061)」。由於哈雷慧星將在 2061 年出現，此一計畫之發起人乃觸發靈感，認為在當年入學的孩童們身上進行教育改革所產生之變革，將在來年哈雷慧星重現時有了一個具體成果，於是遂選擇了哈雷重現的二六一年作為計畫名稱，以彰顯此一教育改革在教育今日兒童在進入廿一世紀長成時所具備之科學與科技智識之長期眼光 (李勝富，1998)。

1989 年，二六一計畫發表了「美國民眾所需的科學智能」 (Science for All Americans) 報告，該報告說明每個人所必需了解且足能掌握的自然、社會科學、數學以及科技方面的知識。此份報告是二六一計畫的第一階段任務，主要在確認所有高中生在科學、數學與科技等學科上應該知道及做到的東西，故此計畫曾經在生物與健康科

學、社會與行為科學、物理與資訊科學與工程、數學、以及科技等五個領域舉辦過專家座談研討會，獲得學習這些科學智能之相關概念與技能之一致結論，專家們的這些意見經整合後收載於此報告中，這也成為二六一計畫往後改革工作的基本理念(李勝富，1998)。在此階段的報告中，曾提出了改變科學、數學及科技等學科教學策略的建議，認為過去的科學教學方法是過時的且無法引起學生動動機，大多數的科學教學方法僅注重科學知識的描述而很少提供學生應用數學或科技的機會(Johnson, 1989)。而 Blackwell & Henkin (1989)也指出，在理想狀態下，藉由引起學生興趣的動手操作學習經驗，使數學、科學與科技的整合將出現在未來的課程中。

1993年二六一計畫發表了「科學智能標竿」(Benchmarks for Science Literacy)，將第一階段科學智能目標轉化為各級學生之特定學習目標，其中包括了「認識科學的特性(Nature of Science)」、「認識數學的特性(Nature of Mathematics)」、「認識科技的特性(Nature of Technology)」等共十二項標竿。這些標竿是依幼稚園至二年級、三年級到五年級、六年級到八年級(初中)、及九年級到十二年級(高中)等不同階段用以作為課程設計之參考，所有標竿並不揭示任何特定的課程設計或教學方法，只是提供各個階段性的特定學習目標。而其中也包括強調科學、數學和科技等各學科內及各學科間觀念之互通，如在「共同主題(Common Themes)」的標竿上主要目標及希望幼稚園到十二年級的學生能學習到數學、科學和科技三者整合的概念。

(二)美國數學教育的改革對 MST 發展之影響

美國數學教育社群於 1980 年代後期也開始出現數學應與科學、科技等學科整合學習的理念，美國的全國數學教師協會(National Council of Teachers of Mathematics)於 1989 年 3 月出版了中、小學數學課程和教學評核的 13 項標準，其目的是為確保教學的質素、確定數學教學的目標，促進嶄新的教學課程。所訂下的課程針對不同級別的學童需要，並定下評定標準，例如一般評定、學生數學能力評定和課程評定等。

在美國數學教師協會所提出的十三項標準中，由第一項標準便命名為「數學就像問題解決」(Mathematics as Problem Solving)，便可看出此次數學教育的改革目標。在此標準中主要希望數學教育能提供學生問題解決的機會、提供學生合作學習、利用科技、解決真實生活(real-life)的問題，以讓學生能將數學應用在不同情境脈絡中，真正了解數學的好處，並藉此能摒除過去傳統數學注重數學符號證明運算等的學習方式，而是著重在運用數學在真實世界「實作」的學習方式(NCTM, 1989)。此種注重問題解決與實作解決真實生活的學習方式，正好與科學教育及科技教育的學習精神相符。而在 13 項標準中的第四項名為「數學的連結」(Mathematical Connections)的標準裡，其目標希更是望數學能與學校其他科目間作連結，自此數學與其他學科統整學習的概念便確立。

(三)美國科技教育的改革對 MST 發展之影響

科技教育(Technology Education)基本上是由工藝教育(Industrial Arts)轉變而來，過去工藝教育為了反應工業時代的需求，因而在工藝課程裡強調工業時代學生應具備的工業技術素養，而如今的科技教育則是為了反應科技社會的現況，在課程中強調的是學生科技素養的提昇。

由於 1980 年代末期科學教育的改革開始著重引起學生興趣的動手操作學習，及強調與數學、科技學習連結的觀念；而數學教育的改革也開始注重數學教育應用在真實生活的問題解決中，及將數學與其他學科間的連結學習。相對的，科技教育從工藝時代開始便注重學生動手操作式的學習，及強調運用工具及適當技能來解決真實世界中的問題。因此，順應科學與數學教育改革的潮流，開始有學者意識到科技教育的教育理念正好是新一波科學與數學教育改革所著重的新教育方法。

1990 年三月，美國布希總統與五十州的州長共同建立了美國邁向西元 2000 年的六大教育目標，其中一項主要目標是增加美國學生在數學和科學上的成就。當時美國教育部職業與成人教育副助理秘書 Stern

曾經表示：如果美國想達成提升學生的數學與科學成就的話，科技教育可能將便演一個很重要的角色；如果想改善學生的數理表現、甚至所有科目的表現，教學方式與課程組織將有所改變，科技教育課程便是這其中的方式之一(Stern, 1991)。自此，數學、科學、科技整合的教學策略開始成為科技教育裡一個熱門討論的話題，從班級的科技教育實施(Daiber,1992)到師資培育課程(LaPorte & Sanders, 1993)，或是從美國各州相關的期刊(Seymour, 1992)到州的會議上(Connecticut Technology Education Association, 1992)都一直圍繞著這個話題。

1990年代起，美國國家科學基金會(National Science Foundation, NSF)也開始出現由科技教育學者所領導的「數學、科學、科技」研究計畫專案，例如：「物理、數學、科技」(PHYS-MA-TECH)研究是第一個由 NSF 支助給科技教育學者的研究計畫，該計畫是希望藉由三種學科整合學習的方式來改善學生學習物理的成效(Scarborough & White, 1994)。LaPorte & Sanders (1993)也在 NSF 的支助下進行了「科技、科學、數學整合專案」(Technology, Science, Mathematics Integration Project)，該計畫主要目的是為中學發展整合式的教學活動，以強化三種學科之間的關係。

三、「數學、科學、科技」科際整合教學策略的內涵

由 MST 教學策略的歷史發展，可以了解由於過去傳統的教學習慣將知識分割成不同的學科，學生所學到的知識都是分化過的。且過去科學與數學教育大多著重的科學定律、科學現象、數學定理、公式、計算上的教學，很少能將所學到的科學或數學理論與現實的生活間作結合，學生少有機會能在繁瑣的課程中透過動手操作來學習。雖然偶爾學生會有機會從事物理或化學的實驗，但這些實驗課程大多只是為了證明些學生早已知道的科學原理或現象，這樣的動手操作學習並不能引起學生的興趣。因此在科學與數學課程受到分化、無法與真實世界結合、無法引起學生興趣、成績普遍低落的種種原因下，透過科際整合的方式，將原本分屬不同學科的知識連起來，讓學生透過解決一真實生活問題的活動，運用科技性的工具或設備、科學的原理、定律、

數學原理、計算，親自動手操作或設計完成一成品，使學生在此活動過程中可以同時學到過去分立於數學、科學、科技等不同學科間的知識，如此便是 MST 教學策略的最主要訴求。

紐約州教育部門(New York State Educational Department, NYSED) 在 1997 年提出的 MST 資源指引(Mathematics, Science and Technology Resource Guide)中曾明白指出整合數學、科學及科技三個學科的理由：

(一)我們無法不透過數學的分析及工程的設計過程而能恰當的解釋科學探索。

(二)今日的工程和科技需要科學探索的原則和理論去幫助設計和製作工具和技術。

(三)未來許多倫理議題的結果將是因為數學、科學、科技及社會之間的相互影響。學生學習這些學科將能讓學生能更明智的去處理這些問題，如環境保護和關心健康等。

(四)當學生實際應用於真實世界中時將能刺激學生學習數學、科學及科技。

因此，MST 的主要意涵是其透過科際整合的方式，提供一個有別以往分科教學的學習情境，讓學生透過動手操作的活動，在解決問題的過程中能夠學習到科技的技能。並將科學及數學的原理實際運用在真實問題中，使學生能習得高層次思考的能力，了解不同學科知識間的關係，進行學習的轉移及不同學科間知識的統整，並能激發學生的學習興趣等極富教育意義且重要的一種教育理念。

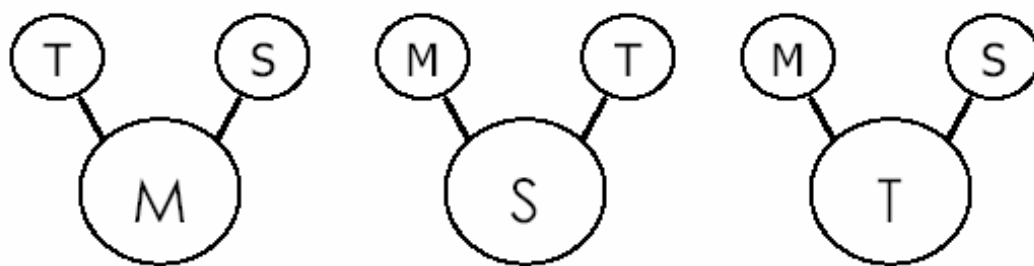
LaPorte & Sanders (1993)曾在 NSF 的支助下進行了「科技、科學、數學整合專案」研究，該研究的主要目的是為中學的教師發展出合適的 MST 教學活動，其研究過程曾邀集了美國六個維吉尼亞州的中學教師團隊(每個團隊都包括有數學、科學與科技的中學教師)，一同設計了十六個 MST 的教學活動。以其中一個主題名為「抓住風」的 MST 教學活動為例，該活動主要是希望學生設計與製作一個可以利用風力來發電的設備，透過此活動能讓學生在科技的學習上學到有關替代性能源、能源產生與能源轉換運用的知識。而科學的學習方面則能學到

基本電學、電壓、電阻、電流、氣象學等概念的學習，同時也能讓學生學到有關表面積、繪圖曲線、單位轉換等有關數學的計算與應用。

而有關MST教學的實施方面，由於此教學策略是屬於一種科際整合的教學方法，相對於傳統分科教學有很大的不同。在實施上可以採傳統的單科學習模式，沿襲過去傳統分科的授課方式；或可採協同教學的模式，由不同專長老師間相互的來支援；亦或可由一同時專精科學、數學與科技教學的老師，將所有相關的知識在同一時間內進行教學。

紐約州教育部門(NYSED)提供了三種MST教學的可行模式(NYSED,1997)，正可說明MST教學可採行的模式：

模式1—聯結型(如圖二)：在學習其中二科相關知識之後，再到另一學科中統整。此種MST教學模式適合傳統的分科教學，其主要的方法是在進行MST教學時，學生必須先學過其中兩種必備的知識，例如以圖二最右邊的模式為例，此MST教學模式是在科技教育課程中由科技老師來進行，唯一的限制是此活動的設計必須以學生學過的數學與科學知識應用為主。老師可透過此活動來教導新的科技技能，但不再傳授學生新的科學與數學知識，僅提供學生統整與應用過去學到的科學與物理知識即可。

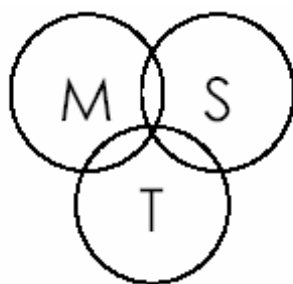


圖二 聯結型(MST 或 STM 或 TMS)

資料來源：NYSED, 1997, p.7

模式2—協同型(如圖三)：協同型則為三者之間有各自的部份及重疊部份，三者相互支援。此種MST教學的實施模式即傳統的協同教學模式，當教學活動中運用到數學知識時則由數學老師來教學，應用到

科學知識時則由科學老師才教授，而需要有關科技技能教導時則由科技老師來傳授。三種學科的教師之間彼此分工合作，學生可以藉由MST活動同時學到三種新的知識，也能了解到三種知識間的統整運用關係。



圖三 協同型

資料來源：NYSED, 1997, p.7

模式3—融合型(如圖四)：是指將與課程內容相關知識加以整合，而無所謂先備知識，三者之間無輕重之分。此種MST教學實施的模式可能有兩種情形，一種情形是當學生已經具備某一MST教學活動所需的科學、數學、科技知識後，再由學生來進行此一活動；另外一種情形是，學生無須具有此活動的先備知識，而由一精通三種不同學科知識的老師來教導此活動的進行，從中同學讓學生學到三種統合的知識。此活教學模式類似美國紐約州將MST開設為一單獨的學科，而我國目前九年一貫課程中的自然與生活科技領域，若整學期都單獨由一位老師來進行的話，也極適合採用融合型的教學模式來進行。



圖四 融合型

資料來源：NYSED, 1997, p.7

四、MST 之網路化學習模式

隨著網際網路的蓬勃發展，利用全球資訊網(WWW)來輔助學習已蔚為風潮，從學術單位到私人企業等單位都颳起一股e-learning的學習

風潮。網路運用於教育上具有許多優點，如即時性、資源豐富、連結全球網路、較為公平(不會有待遇差別)、較為有趣(Roerden,1997)；Khan(1997)指出網路化教學具有互動性、多媒體的、開放系統、線上搜尋、獨立之設計、距離與時間性、全球化易存取的、一致性全球使用、線上資源、跨文化互動、多元專家知識、電子化的出版品、學習者掌控、分散性等主要特徵，以及便利性、由學習者控制、容易使用、線上進行、真實性、課程安全性、友善的環境、具公平性、成本效益較高、課程內容易發展、群體學習、正式及非正式環境、線上評量、虛擬文化等附屬特徵。

阮枝賢(2000)亦指出利用全球資訊網進行教學有如下幾個特點：以學生為中心、互助的學習環境、充實心智和補救教育、全球性資源、網上課程材料、更新信息快速、廣泛接觸性、多媒體展示教學內容、虛擬學習環境、網上測驗及評估等。Roerden(1997)也認為網路教育適用於：以學生為中心的教育、以計劃(project)為基礎的學習、合作學習、科際整合、團隊教學、學校本位經營、培養社交技巧如合作問題解決、衝突解決等教學情境之中。

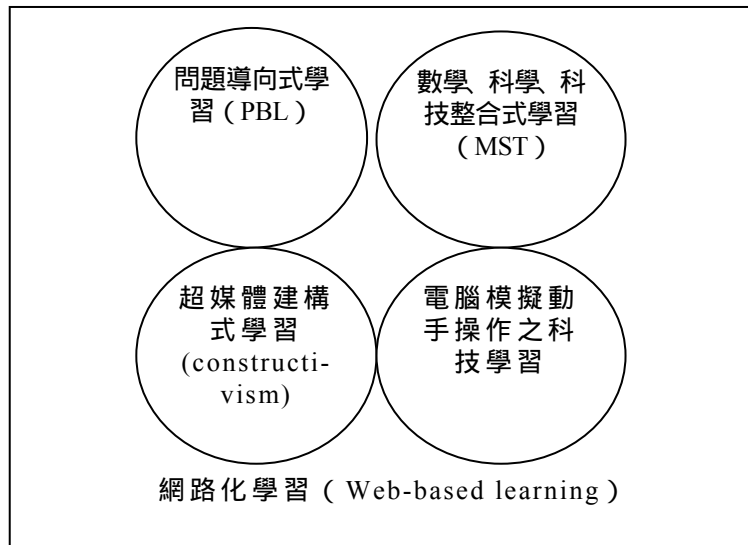
依據建構主義的觀點，學習是靠認知主體依自己經驗主動建構知識的過程。有學者便認為超媒體系統的知識呈現方式有助於人腦中知識網路的組織與處理，符合人類學習的認知模式(Jonassen & Wang, 1992)。Duffy、Lowyck 及 Jonassen(1993)也認為全球資訊網提供了學習者一種自我引導的建構學習環境，彈性化超本文之連結的方式讓學習者能自由的學習，完全符合建構主義的教學理念。因此，許多學者便建議運用超媒體系統來發展建構式的電腦輔助學習環境(Jonassen, 1996；Honebein, 1996；Moor, 1995；Nelson, 1994)。再者，網路化學習環境可以透過e-mail、線上聊天室、討論區等功能來與其他人進行互動，此方式也符合「社會建構」的學習情境。

綜合學者所言，網路化學習比起過去傳統的學習有不受時空影響、較自主且負彈性等多項優點，其以學生為中心、適用於問題解決、科際整合等特徵，正符合 MST 教學策略實施的環境。同時透過網路環

境來實施 MST 教學活動將沒有傳統 MST 教學時需採用協同教學、教師不易協調調配的問題，且透過超連結方式的超媒體學習環境，亦符合建構主義及社會建構主義的教學理念。唯一限制可能是透過網路來學習，無法像傳統 MST 教學活動可以讓學生即時的動手操作來學習科技的技能。然而透過適當的動畫模擬技術，讓學生透過虛擬的方式來學習科技的知識，更有防止科技性操作發生意外之優點。

根據前述文獻探討顯示，問題解決是數學、科學、科技三者間共同的核心目標，且由國外實驗設計的 MST 教學活動中，也可以發現 MST 教學活動大多藉由一真實性的問題來引發學習，所以問題導向式學習(Problem-Based Learning, PBL)也是 MST 教學策略的主要精神之一。因此，若能結合 PBL 與 MST 兩種教學策略，配合 web-based 符合建構主義學習的網路環境，並運用適當資訊動畫模擬操作技術，則應可以營造出一個有意義的 MST 網路化學習環境。

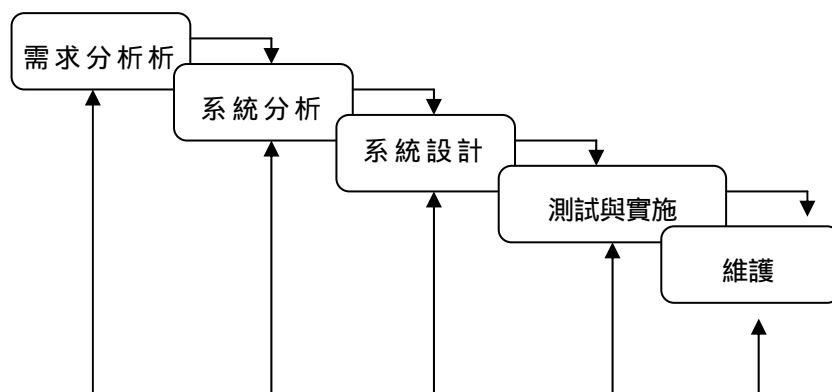
於是，本研究提出一個MST網路化學習的模式(如圖五)，透過此學習模式，學習者可以在無時空限制環境下、富彈性的方式下，進行建構式的「數學、科學、科技」整合式的學習活動。學習過程將可透過問題解決，來瞭解科技的運作程序、進行科技的學習，並可從中認識科學及數學等不同學科的整合知識，了解科技如何運用科學與數學的相關知識，或是可透過電腦操作模擬技術來認識科技工具或產物的操作，來學習科技的技能，認識科學與數學的相關知識。



圖五 MST 網路化學習模式

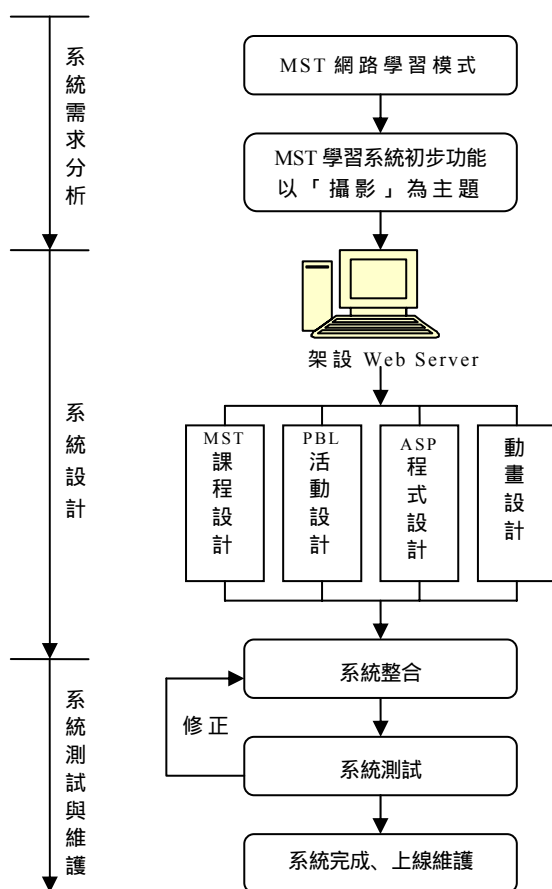
參、MST 網路化學習系統的建構

本研究藉由所提出的MST網路化學習模式之理論基礎，實際建構一個網路化的學習環境，以實現MST網路化學習的理想。而此學習系統之建置過程主要以Royce於1970年所提出「瀑布式系統開發法 (Waterfall Approach)」(引自許元，1998)(如圖六)為系統開發方法。



圖六 MST 網路學習系統開發方法

而本研究依據系統開發方法來進行的完整系統建構流程如下圖七所示：



圖七 MST網路學習系統建構流程圖

以下針對系統開發中之重要步驟進行描述：

一、需求分析與系統分析

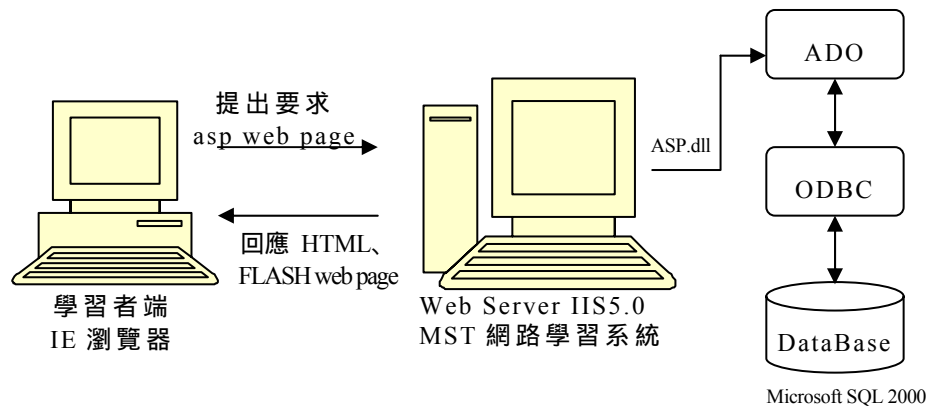
系統需求分析的主要目的是初步的瞭解使用者目前的需求狀況，以確認是否有建立系統的必要。因網路學習系統服務對象廣大，非如同一般資訊系統的服務對象僅侷限於少數人。故本研究無法全面對使用者進行需求調查，透過文獻分析方式，瞭解網路學習之各項優點。並因目前沒有普遍的MST網路學習系統，故初步確立實有建構MST網路學習系統之需求。

系統分析主要以確認系統的功能需求、人機介面需求、資料需求、軟硬體介面需求、系統介面配置需求等。此階段本研究主要工作即透過文獻分析確立MST網路化學習的模式，以確認系統必須有MST、

PLB、動畫模擬等功能需求，及確認此系統必須建構在全球資訊網上，需符合web之軟硬體需求，並最終決定以目前網路學習課程中少見的「攝影」來作為科技學習的主題。

二、系統設計

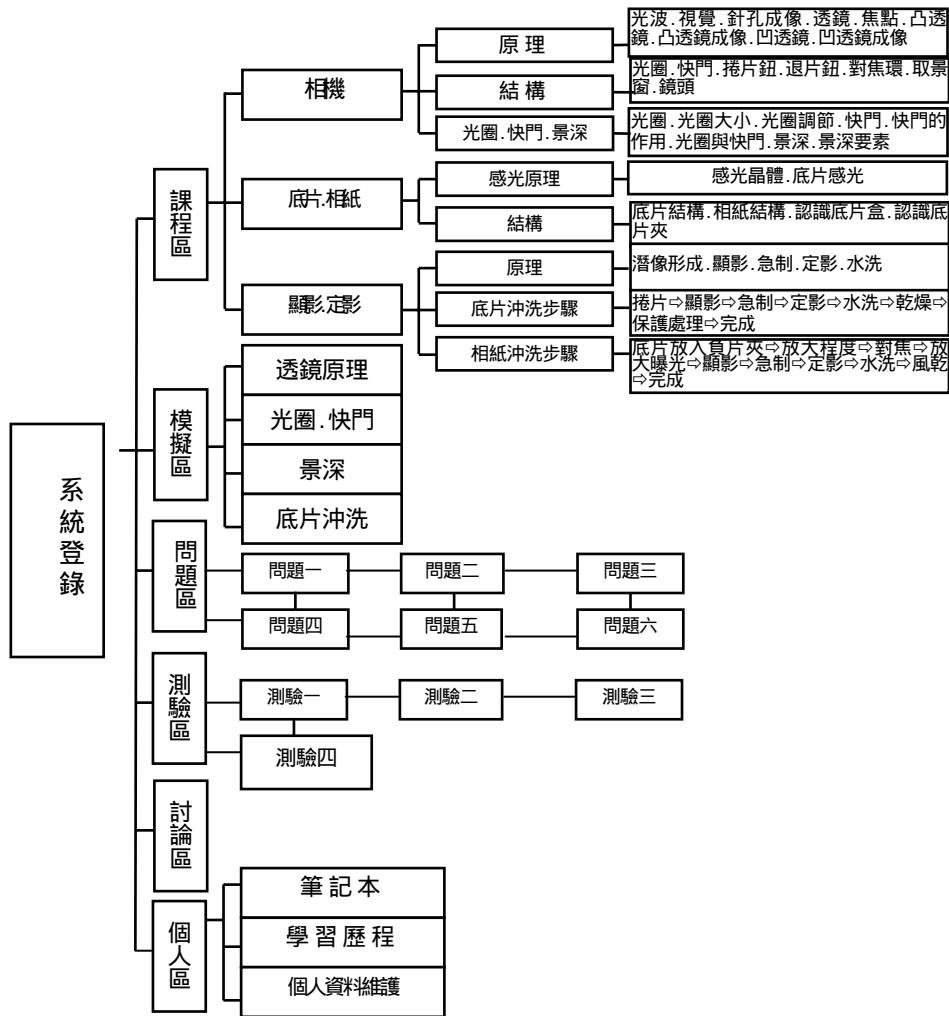
經系統需求分析，確認本系統應具備哪些功能後，接下來之步驟即進行系統的實作階段。本學習系統為一個web-based之環境，故在系統設計上採web server之架構，本系統選擇建置在IBM PC上，以Microsoft 2000為作業系統、IIS5.0為Web Server、MS SQL 2000為資料庫，整個系統運作架構如圖八所示。



圖八 MST網路學習系統運作架構

而為了能結合問題導向式學習、MST整合學習、動手操作模擬等系統分析需求，所以需透過課程規劃設計、問題解決情境腳本設計、線上測驗問題設計、以及HTML、ASP(Active Server Page)、Flash、Director等網頁開發技術來完成整個系統的開發工作。

完整的MST學習系統架構如下圖九所示：



圖九 MST 網路學習系統架構圖

三、系統測試與維護

經由系統設計階段完成系統程式之撰寫後，便可開始接受一連串的測試，以偵測系統本身的邏輯設計及程式設計是否有誤，以及測試系統功能是否達到系統需求分析時之要求。本研究在系統設計完成後，曾邀集師大工業科技教育系的大四學生、研究生、科技教育與攝影專長之教授等進行系統測試，反覆修正後才完成最後的系統。

肆、MST 網路化學習系統的介紹

本研究依照 MST 網路化學習模式所建構而成的學習系統命名為

「科技學習網」，科技學習網以攝影為主題，學生在此學習系統中可學習到有關單眼相機的操作、底片沖洗的操作，及有關相機的科學與數學原理，並透過問題解決與動手模擬的方式來學習，該系統符合本研究先前所提出的MST網路化學習模式。

科技學習網系統登入畫面如下圖十所示，以下將概略介紹系統之主要功能：



圖十 科技學習網之系統登入畫面

(一)課程區

課程區主要以融合式MST教學概念來設計，在科技學習部分可使學生認識相機、底片、相紙的結構等知識，學習相機光圈、快門的操作，以及瞭解底片、相紙沖洗等有關科技的知識。在科學學習部分，可使學生學到有關透鏡成像、光學原理等有關物理的知識，及底片感光原理、底片沖洗、酸鹼中和原理等有關化學的知識。而在數學學習部分，則可讓學生學習有關透鏡成像之焦距運算及光圈大小之計算等。

透過Flash、Director製作而成的動畫，可使學習者在課程區中看到靜態與動態的教材，例如在透鏡原理的課程內容中，可以看到光波運行的動畫；在底片感光原理課程中，可以看到原子間運作的動畫。部分課程區在課程學習過程中也結合模擬操作，例如光圈相機的結構、快門、景深等課程。而在課程區中之相片沖洗過程，實際做影片的拍攝，透過剪接、編輯等步驟最終以影片的方式來呈現。

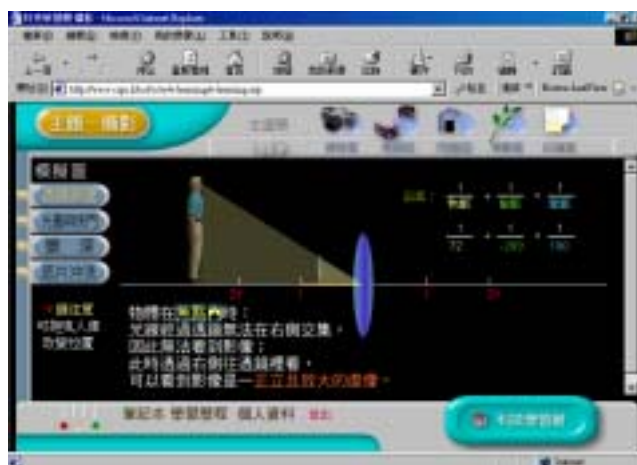
課程區之部分畫面如下圖十一至十三所示：



圖十一 「科技學習網」中相機科學原理的介紹



圖十二 「科技學習網」中相機結構的介紹



圖十三 「科技學習網」中透鏡成像的模擬與數學運算的應用

(二) 模擬區

模擬區設計之概念，主要為了使學生在科技的學習過程中也能透過動手操作來熟習科技的技能，經由Flash動畫的製作，在模擬區中可讓學生操作透鏡成像的原理，模擬相機光圈、快門、景深的調節對成像的差異，以及模擬底片沖洗的過程等。

模擬區之部分畫面如下圖十四至十五所示：



圖十四 「科技學習網」中模擬相機操作的畫面



圖十五 「科技學習網」中模擬底片沖洗的畫面

(三) 問題區

問題區之設計，主要希望藉由問題導向式學習(PBL)之精神來引導

學生學習，期望能藉由問題區中所呈現有關攝影的實務問題，來引起學習動機、進而解決問題並主動學習。透過Director及Flash軟體的製作，問題區藉由富有故事情節之動畫，來以引出問題並期望學生加以解決，目前共設計有與攝影有關之六大實務問題。

問題區之部分畫面如下圖十六所示：



圖十六 「科技學習網」中據故事情節的問題解決活動畫面

(四)測驗區

測驗區之主要目的即針對本學習課程提供學習者適當之學後評量。測驗區目前共設計有四回合的線上測驗，藉由ASP程式之撰寫，學生可在每回合測驗完成後看到測驗的成果。

測驗區之部分畫面如下圖十七至十八所示：



圖十七 「科技學習網」中的線上測驗畫面



圖十八 「科技學習網」中的線上測驗解答畫面

(五) 討論區

討論區主要提供使用者一個非即時討論的園地，以讓學習者與學習者間能根據學習課程進行互動討論。藉由ASP程式之撰寫，討論區可供學習者張貼討論文章，並提供系統管理者遠端管理之功能。

討論區之部分畫面如下圖十九所示：



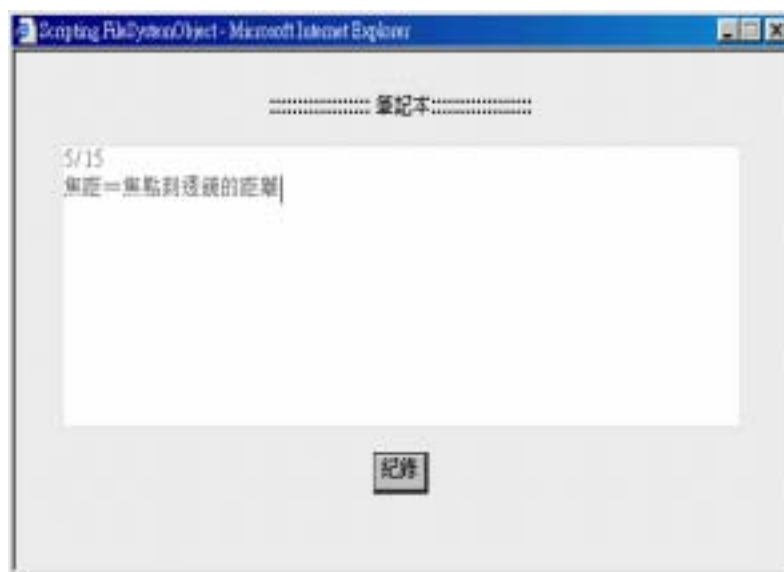
圖十九 「科技學習網」中的討論區畫面

(六) 個人區

個人區提供每一位學習者個人專用之筆記本、個人學習歷程檔案、修改個人資料之功能，筆記本的功能能夠讓學習者記錄自己的學

習心得與感想，學習歷程檔案之功能提供學習者回顧過去學習的歷程。其目的主要在提供學習者每一次上線的時間等記錄，修改個人記錄之功能則提供使用者可隨時更改自己的帳號密碼、及個人資料。

個人區之部分畫面如下圖二十至二十一所示：



圖二十 「科技學習網」中的學習者筆記本畫面

登入次數	來源位址	登入日期	總瀏覽時間
第1次	61.59.205.158	2002/5/7 下午 09:41:22	7分8秒
第2次	61.59.205.158	2002/5/7 下午 11:27:06	2分11秒
第3次	211.74.248.46	2002/5/8 下午 11:09:15	14分52秒
第4次	163.18.201.50	2002/5/10 上午 09:25:13	5分25秒
第5次	211.74.248.244	2002/5/11 上午 12:45:09	4分38秒

圖二十一 「科技學習網」中的個人學習歷程檢視畫面

伍、MST 網路化學習系統的初步評估

本研究在依照所提出之MST網路化學習模式，實作出一科技學習網路系統後，雖可證明此模式在網路學習環境建構之可行性，但為了瞭解專家或一般使用者對於本系統的看法，故在系統建置完成後本研究進行初步的系統評估工作。

一、專家評估

在專家評估方面，本研究初步選擇四位科技教育領域之專家(本文分別以A、B、C、D來表示)來檢視系統的適切性，其中專家A、B具有攝影及教學媒體專長，專家C具有電腦教學媒體專長，專家D則為教學經驗豐富的現任國中生活科技教師。專家評估進行的方式為在專家實際使用過本系統後採個別訪談的方式來實施，四位專家對本系統大都表示有助於學生在科技方面的學習，且對於科技與科學、及數學知識的連結將有幫助，其他細部對本系統之整體建議歸納如下：

專家 A：

- 1.可再增加自動相機、數位相機的簡要介紹，或以自動相機替代單眼相機的複雜內容。
- 2.可增加一項照相器材的維護與保管(養)，相機握持、取景構圖...等。
- 3.一連上網站即顯示課程區，難以展現問題解決導向的氣氛。
- 4.留意M S T教學策略或取向的精神。M的部份較為缺乏，可針對攝底片張數、相紙尺寸、外沖價格計算等設計。透鏡原理的成像計算可能較無實用性。
- 5.介紹「單眼」相機的「實用性」可能較低，國中生較不適宜。
- 6.應提出教學綱要，是否達成目標才能較了然。
- 7.增加生活上會需要了解的照相知能。
- 8.模擬活動的動畫很費心地被呈現出來，不過應多採取實景圖再搭以設計的操控來增進臨場「實境」。
- 9.學習遇問題困難時，可否與教師連絡、和同學討論。

專家 B：

- 1.本網站對於國中學習有幫助，但仍需配合實物教學。
- 2.模擬區中動畫載入時間較長者建議加載入時間指示器，以免以為當機。
- 3.問題區可再增加影像模糊原因及人像在照片中太小怎麼辦等問題。
- 4.可增加聲音的部份。
- 5.建議要學生選點的位置可用閃標的指示。

●專家 C：

- 1.每個單元部份應有整合的文章，引出為什麼在這個單元內有這些內容如相機、原理等部份。
- 2.課程內容的說明應與理化課本相對照，取得一致性。
- 3.聲音對於網站來說是十分重要的，若來得及可以增加配音。
- 4.此類的軟體對於國中生將科技產品與科學知識連結有正面的幫助。
- 5.建議加入鏡頭的說明介紹。另外結構部分宜分別針對外部與內部結構介紹，並加強與原理部分的關連性。
- 6.建議加入音效。

●專家 D：

- 1.相機結構以及底片相紙結構呈現方式適當。
- 2.課程內容深度稍深，表現方式、敘述尚有不順暢之處，建議稍作修改，建議重點名詞或詞句以不同顏色標註。
- 3.科學的部份以動畫呈現表現很好，數學部份則可加入光圈快門之對應計算。
- 4.影片配音太小聲。
- 5.景深部份的圖片無法明確指出其不同景深的效果。
- 6.沖洗照片時，應強調「酸鹼中和」之概念。
- 7.有關問題解決相關活動題或測驗題稍不足，無法讓學生充份練習與了解相機使用技巧，以解決拍照時所面臨之不同情境。

二、使用者評估

在使用者評估方面，本研究初步選擇以高雄市某國小資優班六年級學生共25位來評估本系統，評估方式為該資優班學生學習使用本系

統兩週共四節課的時間後，填寫本研究所自行研發之系統評估表，評估表中以Likert式的五點量表來計分，「非常同意」給5分、「同意」給4分、「無意見」給3分、「不同意」給2分、「非常不同意」給1分，統計結果如下表二所示：

表二 使用者評估統計結果

項 目	評 估 內 容	非 常 同 意 人 數	同 意 人 數	無 意 見 人 數	不 同 意 人 數	非 常 不 同 意 人 數	平 均 數	標 準 差
學 習 內 容	1.學習內容能引起我的學習動機與興趣	2	10	8	5	0	3.36	2.32
	2.此系統讓我學習到科技的知識	7	13	2	3	0	3.96	0.93
	3.此系統讓我學習到科學的知識	8	12	3	2	0	4.04	0.89
	4.此系統讓我學習到數學的知識	4	7	5	7	2	3.16	1.25
	5.此系統讓我學習到科技與科學、數學的整合	1	11	8	4	1	3.28	0.94
	6.此系統讓我在問題解決過程中學習到知識	5	15	3	1	1	3.88	0.93
	7.此系統讓我在動手操作模擬過程中學習到相機的操作及運作原理	12	8	2	2	0	4.25	0.94
	8.學習內容難易適中	1	9	7	7	1	3.08	1.00
	9.學習份量多寡適中	3	7	11	3	1	3.32	0.99
操 作 介 面	1.系統操作方便	12	4	4	4	1	3.88	1.30
	2.按鈕及圖像意義明確	14	6	4	1	0	4.32	0.90
	3.視窗畫面規劃、使用適當	10	9	4	2	0	4.08	0.95
	4.系統中的模擬操作介面容易使用	12	9	4	0	0	4.32	0.75
媒 體 呈 現	1.圖形與文字畫面整合流暢，易於閱讀	5	10	6	3	1	3.6	1.08
	2.動畫呈現生動活潑	9	7	5	2	2	3.76	1.27
	3.畫面構圖細密適中	4	11	7	1	2	3.56	1.08
	4.色彩使用調和清晰	5	10	6	3	1	3.6	1.08
	5.各種模擬畫面生動逼真	5	12	5	2	1	3.72	1.02
系 統 功 能	1.可以控制自己的學習進度	4	14	6	1	0	3.84	0.75
	2.可以依照自己需要選擇教材內容	7	9	4	3	1	3.75	1.15
	3.能夠隨時記錄自己的學習心得、感想	11	8	5	1	0	4.16	0.90
	4.能夠與其他學習者互動、溝通	4	7	9	5	0	3.4	1.00
	5.系統提供適當的學後自我評量	9	9	7	0	0	4.08	0.81
	6.系統提供良好的操作與學習說明	8	11	5	1	0	4.04	0.84

由使用者評估統計結果中可發現，所有評估題目的分數都在3分以上，以本評估問卷全部都為正向的題目來看，參與評估的使用者對

本系統大多持中立或正向的態度。

在學習內容部分，由評估結果可以發現大多數學習者都認為透過本系統可以學習到科學、數學、科技的知識，且也同意可以透過問題、及動手操作模擬的方式來學習，可見本研究所建構之系統確實符合當初所設定之科技教育網路化學習環境的理念。但由平均數的統計上可以發現，小學生和專家的看法有些許雷同，有36%的使用者認為無法在系統中學到數學的知識，可見本系統若要強調MST整合教學，則應設法在數學知識教學上有所加強；另外，有關學習內容難易度及學習份量評估之選項，可發現有多數學生對此表示中立或不同意之看法，尤其是有關課程內容難易度方面，國小學生對於此有關攝影之課程內容似乎覺得超乎其學習的程度。

在操作介面評估方面，大多數使用者對於系統操作介面、模擬控制介面的使用上都給予不錯的評價。而在媒體呈現的評估上，六成以上的使用者對於本系統所設計出的圖文、色彩、動畫、表示滿意。

在系統其他功能評估方面，大多表示中立或同意的態度，出現不同意項目較多的是有關係統能否與其他使用者互動、溝通的項目，由於本系統僅提供討論區的方式來提供非同步式的線上溝通，對於即時溝通的功能的確有待加強。

陸、結論與建議

以下就本研究之成果提出幾點結論與建議：

一、結論

(一)「數學、科學、科技」科際整合教學策略極富教育意義而值得推廣

本文透過對數學、科學、科技三者間關係的反覆推導後發現，三者間原本就有深厚的關係存在，彼此間除了有各自發展的目標、獨特的知識體外，尚有相互連結、關連、利用共生的情形，且三者間共有的目標都是為了解決問題。顯見數學、科學、科技三者間關係密切，在教育上極適合科際統整教學。

由美國1980年代後期的多項數學與科學教育改革報告中，可以清楚看到數學或科學教育已經開始著重與其他學科的統整，並重視動手操作的學習，期望藉此來改善學生的數學與科學成就，而由於科技教育的實施正好符合此改革的理念，因此，透過科技性的動手操作來整合科學與數學的學習方法開始受到美國大眾教育的重視。

過去數學與科學教育太著重於科學理論或抽象的學習，而缺少將數學或科學運用在實務上的練習機會，MST教學策略的提出，將使學生學習數學與科學的方式不在像以前那樣的枯燥無味，增強學生將理論與現實連結的機會。此策略更可以激發學生學習動機、促進學生在問題解決過程中了解科學與數學的應用，故就其教育意義上確實值得數學、科學、與科技教育界嘗試與推廣。

(二)本研究提供一可行的 MST 網路化學習模式

MST學習是一種目前被極力推崇的科際整合或課程統整之教學方式，它可彌補過去傳統教學上只強調單一學科之學習、而無法與其他學科知識相互連結之缺點。問題導向式學習(PBL)可以培養學生在解決問題過程中瞭解科技發展的程序、並建構出屬於自己的科學、數學知識與能力，是一種可激發學生問題解決、創造思考、主動學習、引起學生興趣等多項優點的學習方法。因此，透過PBL與MST教學策略的整合，可讓學生瞭解科學與數學知識如何應用在科技的發展過程中，或是在學習科技過程中進而認識科學與數學的原理。

而過去傳統技學教育中強調動手操作，因為科技的發展常常需要藉由器物的操作或組合來完成，所以科技教育提供一種學習新的科技產物、操作科技工具的機會。如今隨著電腦科技的進步，電腦動畫、虛擬實境等技術的日趨成熟，科技教育中少部分有關科技產物的操作與認識可藉由動畫模擬來達成，如此在虛擬情境中學習科技操作的過程，將使科技的學習不再受限於科技產物的取得不易或是操作之危險性等因素。

因此，本研究提出一個整合PBL、MST、動手操作模擬等之網路

學習模式，期望藉由網路化學習環等之優點，提出一個可在毫無時空環境限制，透過問題導向學習科技、科學、數學整合知識，並可模擬操作科技運作等之有意義的建構式網路學習模式。

本研究為了證實此網路學習模式之可行，實際運用相關之資訊技術來應證之，依照系統開發方法，以「攝影」之科技學習為主題，建構完成一「科技學習網」。在系統模擬區中設計妥善運用Flash等技術來模擬相機之操作，問題區中藉由有故事情節之動畫來進行問題導向式學習，而課程區中不但可以學習相機之結構、相片之沖洗步驟，更可學習到相機相關的科學與數學原理。顯見本研究所提出之理想科技教育網路學習模式，確實可在目前的網路化環境中實現。

(三) 本研究提供九年一貫課程之「自然與生活科技」領域一個可行的教學模式

我國九年一貫課程中將自然與生活科技課程合併為同一學習領域，該學習領域究竟要採分科教學或協同教學等問題，一直造成自然與生活科技領域教師的困擾。本研究依照目前國外盛行MST整合教學模式，提供一良好的科學與科技課程整合設計示範，透過以「攝影」為主題之課程，讓學生在學習相機操作之科技學習過程中，也能瞭解相機背後的運用原理，或是在教授科學透鏡原理時也能進而提到透鏡在相機上之運用。

若能掌握此理念來設計課程，將可彌補過去學生總是學到獨立零散之學科知識的缺點，讓原本有相輔相成之科學與科技關係能得到統整，如此將不失九年一貫課程將自然與生活科技合為同一學習領域之美意，或可解決教師在授課上之困擾。

(四) 科技學習網初步獲得使用者之肯定，但仍有可加強改進之地方

本研究所建置之科技學習網，在經部分專家使用評估後，大多獲得專家的肯定，尤其在科學與科技整合教學上大多認為有一定的貢獻。而在使用者評估方面，雖然僅以少數使用者，且對象選擇國小學

生，但初步評估結果反應並不差，大都表示中立或同意系統所提供的各項功能，並對於此學習方式感到興趣。雖然專家與使用者的評估人數並不多，但由初步評估的結果，顯見科技學習網的建置尚屬成功。

然而綜合專家與使用者評估的結果，仍有需要加以改進的地方，例如專家與使用者大多認為本學習系統較缺乏數學的學習。雖說這可能與我們選定學習主題有關，但也因有部分專家質疑學習單眼相機之實用性，顯見慎選網路課程學習主題，以符合MST課程統整之要求或是符合學生之學習興趣，是我們未來再設計其他網路課程時必須加以改進地方。又在本教學系統初步僅提供討論區作為學習者做非同步式的學習討論園地，所以部分學習者對於系統的互動討論功能表示中立或不同意的態度，因此，在科技學習網中設立即時聊天室也是未來系統應加以改進的地方。

二、建議

(一)科技學習網需進一步評估網路學習成效

本研究之初步研究成果僅說明MST網路化學習環境之建構確實可行，並已獲得部分專家及學習者的支持，然而透過網路化環境來學習數學、科學與科技之實際學習成效仍有待進一步的驗證。未來將可邀集更多不同層級的學生來參與此網路化的科技學習活動，屆時透過適當之實驗設計，可進一步實驗傳統MST學習活動與網路學習之成效差異、或不同特質學習者在網路學習之成效差異等相關研究，以瞭解網路化學習模式之實質成效。

(二)可導入其他資訊技術來充實網路化學習模式

本研究初步僅運用ASP、Flash、Director等資訊技術來完成科技網路化學習模式之實現，隨著網路科技的進步，尚有許多的動態網頁技術、資訊理論可用來加強網路化學習的互動性或教育性。例如利用JAVA、VRML等程式設計其他動作模擬的操作、或利用人工智慧、智慧型代理人技術來輔助學習者學習等，都可用來加強網路化學習之適切性。因此建議未來有關MST網路學習環境之建構再可導入其他資訊

技術，以進一步探詢出更有意義的MST網路化學習環境。

參考文獻

- 李勝富(1998)。二六一計畫：美國中小學科學教育改革。Retrieved December 30, 2002, from <http://www.houstoncul.org/ecs/ecs98/ecs98c08.txt>
- 阮枝賢(2000)。網路教學的設計。《文教新潮》，5(2)，20-24。
- 邱守榕(1996)。數學教育的全民化。《建構與教學》，8，版2+6。
- 胡維新(1996)。漫談數學。《師鐸心聲》，6，49-54。
- 黃鴻博(1994)。STS--當代科學教育改革運動（上）。《國教輔導》，34(1)，18-23。
- 傅海倫(1999)。《數學中的問題解決》。Retrieved December 24, 2002, from <http://www.fed.cuhk.edu.hk/~fllee/mathfor/edumath/9912/11.htm>
- Berryman, S. (1991). *Solutions*. Washington, DC: National Council on Vocational Education.
- Blackwell, D., & Henkin, L. (1989). *Mathematics: Report of the project 2061 phase I mathematics panel*. Washington, D. C.: American Association for the Advancement of Science.
- Bransford, J., & Vye, N. (1989). Cognitive research and its implications for instruction. In Resnick, L., and Klopfer, L. (Eds.). *Toward the thinking curriculum: Current cognitive research*, 171-205. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Connecticut Technology Education Association. *Math, science, technology*: 59th spring conference. Hartford, CT: Author.
- Daiber, R. (1992). Transportation technology education in the high school. In J. Wright & S. Komacek, (Eds.) *Transportation in technology education*. Peoria, IL: Glencoe, Inc.
- DeVore, P. W. (1987). Technology and science. *Conducting technical research : the 36th yearbook of Council on Technology Teacher Education*. Mission Hill, CA: Glencoe.

- Duffy, T. M., Lowyck, J., & Jonassen, D. H. (1993). *Designing environment for constructive learning*. Heidelberg : Springer-Verlag.
- Foster, P. (1994). Must we MST? *Journal of Technology Education*, **6**(1), 76-84.
- Harrison, A, J. (1984). Science, engineering, and technology. *Science*, **223**(4636) February.
- Honebein, P. C. (1996). *Seven goals for the design of constructivist learning environments*. Wilson, B.G. Constructivist Learning Environments. EnglewoodCliffs, New Jersey 07632 : Educational Technology Publications. 11-24.
- International Association for Evaluation of Educational Achievement. (1988). *Science achievement in seventeen countries: A preliminary report*. Oxford: Pergamon press.
- Johnson, J. R. (1989). *Technology: Report of the Project 2061 Phase I technology panel*. Washington, D. C.: American Association for the Advancement of Science.
- Jonassen, D. H., & Wang, S. (1992). *Acquiring structural knowledge from semantically structured hypertext*. (ERIC Document Reproduction Service ED348000)
- Jonassen, D. H. (1996). *Computer in classroom: Mindtools for critical thinking*. Englewood Cliffs, NJ : Prentice-Hall, Inc.
- Khan, B. H. (1997). *Web-Based Instruction*. NJ: Educational Technology Publications.
- Kranzberg, M. (1984). The wedding of science and technology : Avery modern marriage. *Technology & Science*. Davidson College, N. C. 27-37.
- LaPorte, J. E., & Sanders, M. E. (1993). The T/S/M Integration Project: Integrating technology, science, and mathematics in the middle school. *The Technology Teacher*, **52**(6), 17-21.
- Maley, D. (1959). Research and experimentation in industrial arts in the junior high school. *The Industrial Arts Teacher*, **32**(1), 58-62.
- Maley, D. (1973). *The Maryland plan*. New York: Bruce.
- Moor, T. (1995). Active use of hypertext to aid learning and classroom introduction. *SIGCSE 95 Computer Science Education*, 297-301.
- National Council of Supervisors of Mathematics (1977). *Position Paper on Basic Mathematics Skills*. Washington, D.C.: National Institute of Education
- National Council of Teachers of Mathematics (1989). *Curriculum and Evaluation*

- Standards for School Mathematics*. Reston , VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- National Council of Supervisors of Mathematics (1989). Essential Mathematics for the Twenty-First Century: *The Position Paper of The National Council of Supervisors of Mathematics, Arithmetic Teacher*, **37**(1), 44-46.
- Nelson, W. A. (1994). Efforts to improve computer-based instruction: The role of knowledge representation and knowledge construction in hypermedia systems. *Computers in the Schools*, **10**(3/4), 371-399.
- NYSED (1997, June 4). Beat practices: 5 Guiding principles. Retrieved October 30, 2002, from <http://www.emsc.nysed.gov/guides/mst/partI2.pdf>
- Roerden, L. P. (1997). *Net-lessons: Web-based projects for yours classroom*. Sebastopol, CA: O'Reilly.
- Scarborough, S. R., & White, C. (1994). PHYS-MA-TECH: An integrated partnership. *Journal of Technology Education*, **5**(2), 31-39.
- Seymour, R. (1992). Integrating math and science in the technology education program. *Indiana Industrial Technology Education Association Technology education Report*, **3**, 24-25.
- Stern, B. (1991). Technology education as a component of fundamental education: Part two. *The Technology Teacher*, **50**(5), 9-12.
- Wicklein, R. C. & Schell, J. W. (1995). Case Studies of Multidisciplinary Approaches to Integrating Mathematics , Science and Technology Education. *Journal of Technology Education*, **6**(2), 59-76.