

# 生物探究型學習軟體之評鑑原則的發展與試用

林靜雯

台北市立教育大學 自然科學系

[jwlin@tmue.edu.tw](mailto:jwlin@tmue.edu.tw)

(投稿日期：2008年12月2日；修正日期：2009年4月1日；接受日期：2009年5月19日)

## 摘 要

九年一貫課程的理念希冀自然與生活科技的學習應以探究及實作的方式來進行，使學生能學習科學與技術的探究方法、基本知能及態度，並能應用所學於當前和未來的生活。而一套優良的探究學習軟體便是協助達成如是目標的利器。本研究分兩階段，第一階段，研究者以生物科探究型學習軟體為例，嘗試以各種學習理論為基礎，提出一套具體可行的評鑑原則，用以評估學習軟體的設計架構是否得以支持科學學習環境的建立。第二階段，研究者以10位具有科學教育研究相關背景之小學教師為受試者，讓其試用此評鑑原則，評鑑由西北大學開發之「The Galapagos Finches」和「TB Lab」這兩套具探究特質之軟體。研究者希冀藉由這些評鑑原則的發展，能使科技更有效支持科學學習環境的建立，以促進學生在更真實、更公平、更有效率的學習環境中主動學習。

關鍵字：探究、演化、學習軟體之評鑑原則

## 壹、前言

認知科學的研究於1970-1980年間快速地進展，不但帶給科學教育界革命性的衝擊，使得我們對於科學概念致知的過程有了較為詳盡的瞭解，更引發了1990年代後續一連串對於教與學之關係、教學環境之設計如何促進學生學習的探討。對於科學教育而言，如何站在這些前人豐碩研究基礎的肩膀上，進一步詳細闡明和效化 (elaborate and validate) 學習環境設計原則之強力架構，便成為未來教學及研究的重要任務之一 (de Corte, 1995; Vosniadou & Ioannides, 2001)。另一方面，自1980年代後，科技的使用爆炸性地增長。科技能力的拓展一日千里，但相對的，成本卻更為低廉，這使得學校得以運用此項利器促進學生學習 (Krajcik, Czerniak, & Berger, 1999)。Vosniadou 與 Ioannides (1998; 2001) 便認為我們可以妥善運用科技支持學習環境的建構以幫助學生產生概念改變。

有關科技對於學習的助益，Krajcik 等人 (1999) 條列了10項潛能 (e.g. 提供動態視覺以呈現抽象的概念、改變教師教學的本質，使學生可以主動建構理解……)，以作為我們設計或評鑑的參考依據。但這些潛能是否即為考量科技學習環境或軟體的所有必要條件？又或者，是否一個科技學習環境或軟體須符合所有條列的潛能才謂之優良？研究者認為，答案是否定的！Pea (1993) 在論及分佈智能 (distributed intelligence) 的設計時曾提到「*Trade offs*」的重要觀念。他認為「*Trade offs*」是設計的中心議題，因為凡事有利必有弊，我們所設計的物品，總是眾多可能選擇中的一種，而科技學習的設計者永遠無法窮盡所有設計的考量。雖然如此，但在諸多可能的候選中，設計者卻須有智慧，能夠基於各種學習理論、根據不同的媒體特質、學科特性、學生的學習困難等因素，權衡其間的利弊得失，而後在這些比較中選擇出最佳的設計原則。故此，如何評鑑一套科技學習軟體是否真能促進學生的學習？一個考量詳盡評鑑原則便是箇中關鍵。

就像是伯樂尋千里馬一般，本文之主要目的便在於提出一套具體可行的評鑑原則，用以評估學習軟體這些「千里馬」的設計架構是否得以支持科學學習環境的建立。本研究分成兩階段，第一階段，研究者將以生物科科學探究型的軟體著手，就其中演化的單元為主軸，根據學科的本質、此單元概念的學習困難以及各種促進學生學習的理論闡明評鑑各項軟體設計的原則。由於美國西北大學所發展之BGuILE (Biology Guided Inquiry Learning Environment) 演化相關的軟體發展之過程嚴謹，其中之設計更融入了探究相關的概念鷹架，因此本文

挑選其中「The Galapagos Finches」和「TB Lab」作為範例，藉以說明生物科探究型軟體的評鑑原則及理論依據。第二階段，研究者更實際讓具有科學教育相關背景之教師，確實使用這兩套軟體後，以所發展之評鑑原則作為評鑑這兩套軟體的依據，藉此佐證研究者以此軟體作為範例，嘗試發展生物科探究型學習軟體之評鑑原則的可行性。

## 貳、文獻探討

### 一、生物科演化概念的相關研究

近年來，科教界對於學生演化論的概念實徵研究十分感興趣。一方面，因為這樣的概念實屬生物現象大範圍研究的基石；另一方面，達爾文演化理論的發展隸屬於概念的根本再建構 (Ferrari & Chi, 1998)，更是生物學至今最具革命性的一章 (Thagard, 1992)。

達爾文於1859年發表《物種起源》一書，明白挑戰十九世紀前半主要的科學觀，亦即挑戰各物種皆由上帝獨創的觀念。如今，由於科技的發達，摒除了十九世紀的社會條件，因此大部分的學生亦不復科學史覆衍的情形 (Thagard, 1992)。而綜覽文獻，目前學生對於演化論的主要學習困難來自於演化發生觀點解釋的差異。當解釋演化發生的原因時，學生通常著重於拉馬克的觀點，而非達爾文的觀點。拉馬克的觀點認為生物體的某些特徵乃為因應環境的變化而發生改變，而非因為天擇隨機性的變異，且這些後天獲得的特徵可將之遺傳給下一代。此外，他們也常以目的論 (teleological) 或自然論 (naturalistic) 加以闡釋，認為動物們需要、想望，或認為一切即是如此自然而然的發生 (Deadman & Kelly, 1978; Wood-Robinson, 1994; Ferrari & Chi, 1998)。而影響學生觀點的原因又可歸納為下述幾點：

#### (一) 演化及競爭意義的誤解

有些學生將「演化」與「進步」、「改進」及「成長」視為等義，所以「演化」即是增加生物個體的大小、族群的大小或改良器官、個體或族群的表現。也因此，演化過程中的「生殖優勢」、「區域性適應」等基本原則，常被誤解成純粹暴力的競爭 (competition)，且此種競爭必然發生，藉此得以消除最

弱的生物個體 (Bizzo, 1994)。

## (二) 「個體」層次與「族群」層次上的混淆

學生對於生物體不同層次的調和具顯著的困難，他們無法區辨「生物個體」與「族群」兩個層次的差異 (Ferrari & Chi, 1998)。在「遺傳變異」上，多數學生瞭解生物個體彼此之間有所差異，但並不明瞭遺傳突變如何影響族群變異 (Wood-Robinson, 1994)。更甚者，他們常會進一步誤以為演化原則中的「適應」乃個體在環境中為了求生而調整的過程，以致於「演化」便成了個體調整過程的結果 (Bizzo, 1994)，而導致偏向目的論的演化觀。

## (三) 基本概念理解的困難

學生對於諸如：「族群」、「頻率」或「適應」等基本概念無法瞭解。此外，更由於缺乏廣義、直覺性的機率概念和孟德爾遺傳學的主要概念，以致於阻礙其發展較為精緻的演化概念 (Ferrari & Chi, 1998)。

## (四) 強調動態的本質或時間的架構

上述的闡釋乃針對演化論而言，但 Ohlsson (1991，引自 Ferrari & Chi, 1998) 指出演化論的完整細項相當複雜，尤其是整合了達爾文和孟德爾概念的架構，並以之探討族群的量如何變異及基因變異的廣泛性時，學生的理解最易出現困難，但考量演化論的基本教育十分重要，因此學生至少應理解達爾文的基本原則，亦即：1. 個體隨機變異（個體變異）、2. 某些特徵的遺傳（遺傳決定）、3. 不同的存活率（區域性適應）、4. 不同的生殖率（生殖的優勢）、5. 累積數代的變異。然而令人沮喪的是，即使經過數年的生物教育，有關達爾文基本原則的學習卻仍常遭受挫敗。

## (五) 小結

由於生物演化的概念具有如是的本質，與其他生物科的次領域相較，有關演化生物學的學習，便得奠基於觀察推論和模型檢驗 (Reiser et al., 2000)。學生的學習若能在真實科學的實務環境中，藉著運用多樣化的認知和社會工具，對於生物微觀、巨觀的現象及動態、時間的本質等相關資料進行連結與解釋並進一步協商，預期將能獲致較佳的學習效果。

## 二、BGuILE 簡介

針對演化的概念，美國西北大學發展了 BGuILE 一系列演化相關的軟體來協助學生學習。此套軟體所設計之情境共包括四種軟體，其分別為：TB Lab、Animal Landlord、The Florida Pathner 和 Galapagos Finches，這四種軟體即為四種不同的科學探究情境主題，其主要的內容研究者整理如表1：

表1 BGuILE 的軟體內容概覽

軟體	內容概覽
Galapagos Finches	學生藉由調查乾旱如何影響 Galapagos 群島上動物和植物的族群大小，來學習天擇的概念。
TB Lab	學生像小科學家一樣培養結核桿菌菌株，藉此調查抗體如何影響細菌，以及細菌如何產生抗體
Animal Landlord	學生調查各式各樣動物行為，例如：捕食、競爭和社會集群，藉此瞭解動物行為間的相似與相異性。
The Florida Pathner	學生學習種化的相關概念，並使用科學研究的結果進行政策決定。學生需評估美洲豹的恢復能力，藉此拯救佛羅里達瀕臨絕種的美洲豹。

BGuILE 的發展團隊認為科學學習的目標乃幫助學生透過探究，連結探究的過程和結果。這些結果包括理論、模型和解釋。許多人認為學生以探究的方式學習，耗財費力，BGuILE 的發展團隊則認為一個好的軟體環境可以以更低廉卻更有效的方式協助學生發展對科學的深層理解。此套軟體中設計了許多情境讓學生在虛擬但特定的主題中，去學習科學研究中的一般策略，諸如：控制變因、設立假設等等 (Reiser, Tabak, Sandoval, Smith, Steinmuller, & Leone, 2001)。由於此探究環境發展過程極為嚴謹，更基於許多學習理論融入了探究相關的概念鷹架，因此本文以此為範例，挑選其中「The Galapagos Finches」和「TB Lab」作為範例，藉以說明生物科探究型軟體的評鑑原則及理論依據。

### 三、軟體評鑑原則、理論依據及其示例

針對上節文獻探討處對學科特質及學生的學習困難的探討，一個好的生物科探究型軟體究竟應具有哪些條件才得以支持學習環境以協助學生學習呢？以下研究者將試著以學習理論的各個層面陳述這些評鑑原則的依據，並舉例說明以詳盡闡述之。

#### (一) 評鑑原則

1. 改變教師教學的本質，使學生可以主動建構理解
  - 能引起學生動機，促使學生主動解決問題
  - 能協助學生回憶先備概念，使之產生有意義的學習
  - 提供科學推論、設計的真實環境，協助教師與學生之間、學生與學生之間的溝通以完成調查作品
2. 能協助學生產生探究策略及作品，且其策略及作品皆環繞著學科概念
  - 讓學生可以盡情探索，甚至進行原本在日常生活中不易探索或根本不可能完成的探究活動
  - 含括多種探究技巧（包括研究的方法，諸如：觀察、實驗、建立模型……，以及研究和理論發展之間的關係），並且使學生能根據明確、特定的學科研究策略結構接觸和分析資料的工具
  - 提供機會讓學生多回答 what if 的問題，協助學生在學科理論的架構下建構其解釋
  - 活動能促進學生創造多媒體的作品，且其能明確呈現學生認識論的任務
3. 提供能促進學生後設認知的學習環境
  - 活動的環境整合了反思的工具，使學生能藉以反思其研究的資料
  - 能提供學習活動促進小組和整班的討論活動，使學生能進一步分析探究策略並建立一致性的理解

#### (二) 評鑑原則之理論依據及示例

1. 改變教師教學的本質，使學生可以主動建構理解  
建構主義在廣泛科學教育相關研究的支持下明確指出：知識無法經由直

接傳遞.....而獲致，而是須由學習者透過個人及社會過程產生心智活動積極建構所得 (Driver, Asoko, Leach, Mortimer, & Scott, 1994)。另一方面，來自科學社會學的研究亦顯示：科學教育應該正確地呈現科學家研究探究的真實過程，藉由有意義與有目的的活動使所有學生都有公平學習的機會。而此種科學家社會網絡 (social networking) 及同儕審查 (peer review) 的學習環境，將有助於教室中科學內容、結構和教學的增進 (Cunningham & Helms, 1998)。就這些觀點看來，一份好的軟體至少應能引起學生動機，促使學生主動解決問題，並能有效協助學生回憶先備概念，使之產生有意義的學習建構。此外，此份軟體更應能提供類似科學家社群的環境，藉著某些活動提供鷹架或探究場景，使學生能充分與教師及同儕互動。以下分就這些評鑑細項舉例說明之：

(1) 能引起學生動機，促使學生主動解決問題

在 The Galapagos Finches 的學習環境中，研究者模仿達爾文於 Galapagos 島上，觀察到各種雀鳥族群間的差異而引發其日後衍生出生物演化理論的故事，提出幾個未決的問題，讓學生扮成生物學家著手解決島上雀鳥為何大量死亡？倖存之雀鳥具有哪些特徵優勢等謎題 (圖1)。這種跟科學史進行關連的活動設計由實際探究的問題出發，讓學生在角色扮演中不但經歷科學家所從事的種種研究活動，亦提升了學生意欲解決這些待決問題的學習興趣及動機。



圖1 The Galapagos Finches 的活動以角色扮演的設計引發學生的學習動機

(2) 具有能協助學生回憶先備概念，使之產生有意義學習的活動

學生並非像是空的容器而是滿載著對這個物理世界的表徵、信念和預設進入教室，因此概念難以改變。這對科學教學的意涵便在於教師須瞭解學生的先備經驗並將之融入課程設計中 (Vosniadou & Ioannides, 1998)。同樣以 The Galapagos Finches 的軟體為例，學生對演化主題可能的先備概念可能是對於周遭自然環境初步的觀察及簡略的探究技巧。因而在此套軟體的課程設計活動中，研究者便希望學生初步構想 Galapagos 的環境，並要求學生將其畫在紙上。藉由預想島上環境的活動，一方面提升學生的學習興趣，另一方面便是希望連結至學生之前所學有關島嶼環境生態的各項先備概念 (圖2)，以為後續難度較高的探究活動預作暖身。值得一提的是，此項活動設計並非軟體本身所擁有，但是研究者將之以整合的課程含括，未來相同類型的軟體可以採用相同的作法，將這樣的連結活動設計入與軟體搭配的課程指引中，抑或者，這種繪圖預想的活動其實也可以直接由軟體呈現，讓學生直接就在電腦上作圖。

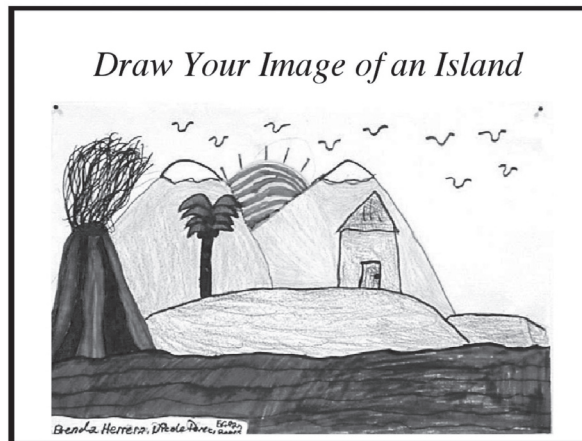


圖2 讓學生預想 Galapagos 的環境，使之能與其先備概念連結

(3) 提供科學推論、設計的真实環境，協助教師與學生之間、學生與學生之間的溝通以完成調查作品

一套融入教室課程教學的軟體須能協助學生像科學家一樣建立其社會網絡，其所提出的意見亦應受到同儕及教師的審查 (peer review)。在 The Galapagos Finches 的軟體中，此項功能主要乃由融入的課程所提供，學生



藉由探究過程中所產生的圖表（圖3），像科學家一樣向同儕及教師陳述其假設及推論、溝通其想法，並接受同儕及教師的回饋。另一個直接融入媒體之中以反應教師與學生、學生與學生溝通的例子則例如 Kids as Global Scientist 這項軟體的設計，學生藉由電子郵件、佈告欄等媒體的運用和遠方的學生交流資訊和知識，這樣的設計不但促成教師與學生、學生與學生之間的互動，亦拓展了整個學習社群 (Songer, 1996)。

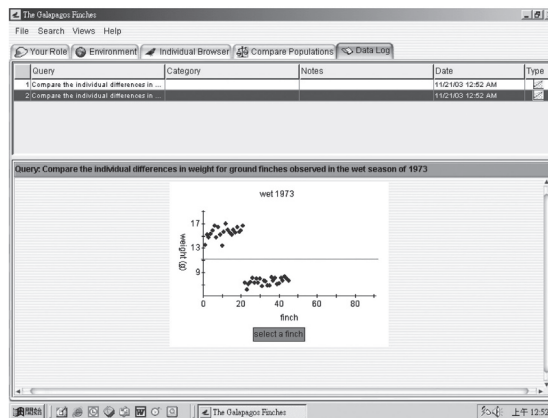


圖3 探究過程中所產生的圖表，有助於學生與他人溝通

## 2. 能協助學生產生探究策略及作品，且其策略及作品皆環繞著學科概念

在傳統科學教室中，科學內容和探究技巧乃透過獨立的學習活動而習得，因此，這兩項目標通常是相互競爭的。當多花些時間在科學內容上，便必須犧牲科學探究的過程，反之亦然。但是，科技的進步使得我們可以利用探究學習的模式，在模擬真實科學探究的活動中將內容和過程整合起來，使學生的探究過程總是圍繞著學科的概念 (Edelson, 2001)，既經濟又可達致更佳的學習效益。另一方面，由上述文獻對學生生物演化主題之學習困難的探討可知，若欲協助學生在探究過程中達致學科概念的理解，則軟體所營造的探究環境應能使學生觀察到生物個體（微觀）及族群（巨觀）適應環境的現象，並使之能與動態及時間的本質進行連結與推論，而後進一步建立假設模型加以檢驗。綜上所述，以下將更進一步闡述相關的評鑑細項：

- (1) 讓學生可以盡情探索，甚至進行原本在日常生活中不易探索或根本不可能完成的探究活動

演化的主題同時牽涉長時間的觀察及生物個體及族群尺度之間的跳

換。由於此種時空尺度的切換無法在實驗室或科學教室中達成，因而常造成學生的學習上的障礙。而一套以演化主題為主軸的優良生物探究軟體便應能允許學生突破這層限制，盡情探索這些原本極難達成的探究活動。舉例而言，The Galapagos Finches 的軟體便詳盡記錄了1973-1978年之間每隻雀鳥的各項特徵 (individual browser, 圖4)，亦提供雀鳥整個族群於此段長時間各項特徵變異的比較 (compare populations, 圖3)，而這些都不是我們平常的教學場景所得以達成的。

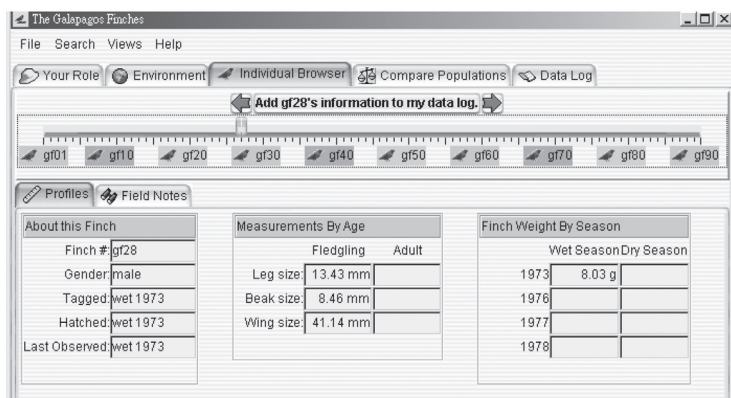


圖4 單一雀鳥各項特徵的紀錄

(2) 含括多種探究技巧，並且使學生能根據明確、特定的學科研究策略結構接觸和分析資料的工具

Resiser et al. (2001) 認為有關演化的主題，檢測一族群中存活者的特徵是十分重要的觀察，而此種特徵的檢驗應同時包括動物生理與行為兩方面。此外，科學家在進行演化的調查時還須進一步尋求生存者之間的特徵模式，並將之與特徵變異的環境因素進行關連。由於學生通常無法在天擇的大架構下看到個體變異的特徵，因而形成概念改變的挑戰，故此，好的軟體環境須包括觀察、尋找模式、建立模型、檢驗模型等多種探究活動，並且還須能提供族群各個斷面及長時間資料整合的比較。就這些目標而言，The Galapagos Finches 便含括了多種探究技巧，學生不僅被要求使用這些一般性的探究技巧，更由於在解決問題的情境下，學生必須根據上述

明確、特定的學科研究策略接觸和分析這些資料的工具。

(3) 提供機會讓學生多回答 what if 的問題，協助學生在學科理論的架構下建構其解釋

解釋事物如何發生以及為什麼發生乃是科學的中心目標之一。學生的解釋須根據可見的資料並呈現明確的因果機制 (Resiser et al., 2001)。讓學生學會在學科理論的架構下建構解釋並非容易的一件事，因而一個好的軟體須設計鷹架以整合解釋和調查，使學生能持續著重在環繞解釋目標的探究活動中。

要如何才能達到這個評鑑的原則呢？以 TB Lab 為例，首先，整個軟體設計的內容便須融入完整的理論架構，接著學生可以根據自己的想法任意提出「What if」的問題以操弄實驗並快速獲得實驗比較的圖表。而當學生無法具體進行實驗操作時，Protocol (圖5左) 中便提供了「What you can learn」、「What you can do」、「What the results show」等各種不同程度的鷹架提示，而這些在在都環繞在此主題概念中。此外，軟體協助學生快速獲得比較的實驗圖表，而此種圖表便有助於學生藉此形成解釋與同儕及教師進行溝通。

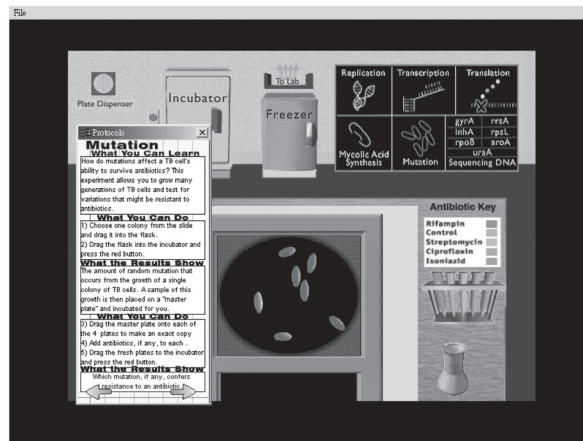


圖5 TB Lab中的 protocol 具有鷹架的功能，能協助學生在學科理論的架構下建構其解釋

(4) 活動能促進學生創造多媒體的作品，且其能明確呈現學生認識論的任務探究活動的作品除了學生的解釋外，一個優良的軟體亦應能協助學

生創造多媒體的作品以呈現學生概念學習的成果、探究過程之所獲甚至能反映致知方法的認識觀點使之與其同儕或教師進行溝通。就認識論的面向而言，Kuhn 及其同僚 (Kuhn, 1993; Kuhn et al., 1988, 引自 Resiser et al., 2001) 指出學生對於資料和假設的推理能力不足常影響其無法區別何謂理論、實驗及支持其解釋的資料。因而一套好的軟體應能協助學生產生多媒體的作品，鼓勵學生由資料及作品中主動篩選出調查環境中的資訊，以產生因果連結，並使之能主動評價其產生的解釋，進一步反映出學生致知的方法。

舉例而言，The Galapagos Finches 的軟體中會出現學生應以資料支持其解釋的提示（圖6），此外其亦具有圖檔、HTML 檔、Log 文字檔案等各種輸出功能以協助學生建立多媒體作品（圖7）。再舉例而言，TB Lab 這套軟體雖然在多媒體作品的輸出上有較大的限制，但其提供給學生較多鷹架的支持，以協助學生建立具因果連結的解釋、檢驗模型，因而都有助於學生呈現其認識的觀點。



圖6 The Galapagos Finches 會提示學生應以資料支持其解釋

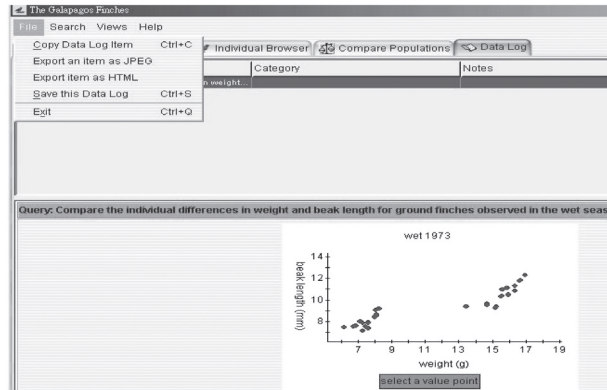


圖7 The Galapagos Finches 具有多種輸出功能可協助學生建立多媒體作品

### 3. 軟體所提供的學習環境能促進學生的後設認知

兒童對於日常生活經驗常囿限於固有的表徵、信念和預設，且其對於解釋的架構常缺乏覺察，因而在概念改變上出現困難。為了促進學生的概念改變，幫助學生增加其後設覺察，建立一個使學生能充分表達其表徵和信念的學習環境是重要的任務之一 (Vosniadou & Ioannides, 1998)。此外，在進行探究活動時，學生常會迷失於一堆探究活動的步驟中，White 與 Schwarz (1999) 便認為利用反思評量的過程將有助於學生更加瞭解探究的過程，以獲致較佳的理解。

這些面向反應在學習環境的設計上，便可藉由科技及小組討論的方式使學生察覺到其解釋的侷限性，促使學生有動機去改變他們的概念結構。雖然這樣的溝通是耗時的，但對於學生而言，確定學生察覺到他們知道什麼、現在正在進行些什麼和為什麼他們必須理解這些內容是十分重要的 (Vosniadou & Ioannides, 1998)。

在促進學生的後設認知能力上，至少可從軟體及其融入的課程兩方面加以考量：

(1) 活動的環境整合了反思的工具，使學生能藉以反思其研究的資料

舉例而言，在 TB Lab 一軟體中，學生便可以在 Log 的地方註記其發現及心得 (圖8)，教師可以事先訓練學生如何察覺自己的後設認知，並鼓勵學生將其反思記錄下來。此種反思式的軟體設計可謂被動式的後設覺察，較為主動介入的例子則例如 White & Schwarz (1999) 研究中所設計的反思評量。透過反思評量，學生得更為積極地隨時評估自己每個探究步驟

中認知及社會面向的表現，有助於學生更加能夠掌握科學概念的理解及探究過程的目的。

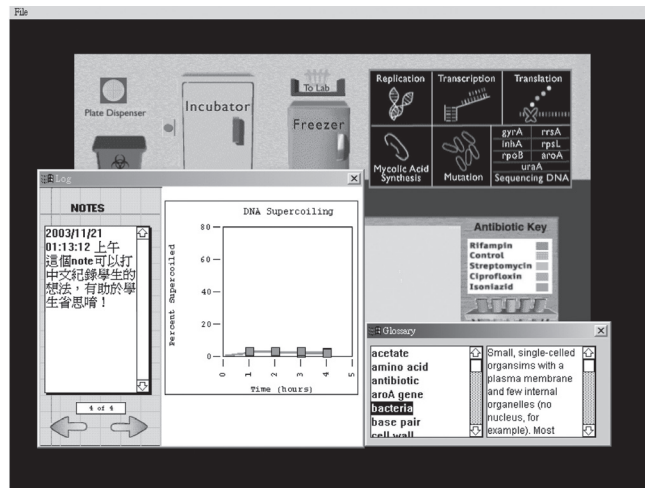


圖8 讓學生在 log 中鍵入文字，可以被動地促進學生反思

(2) 能提供學習活動促進小組和整班的討論活動，使學生能進一步分析探究策略並建立一致性的理解

此點功能和前述「提供科學推論、設計的真实環境，協助教師與學生之間、學生與學生之間的溝通以完成調查作品」實為一體兩面，都在於營造學生社群之間的互動與溝通，只是前者側重於建立一個類似科學家互動及互評的社群，而後者則著重於藉由社群間的互動，提供相同或相異的觀點，以增進彼此的後設覺察。

## 參、以 The Galapagos Finches 和 TB Lab 評鑑結果檢視生物探究型學習軟體評鑑原則之可行性

此階段為本研究之第二階段，本階段研究者之研究目的乃欲由受試者實際操作上述示例的 The Galapagos Finches 和 TB Lab 兩套軟體後，以本研究所發展之評鑑原則反過來評鑑自己的學習情形。此舉之目的乃是希望藉受試者實際的反應佐證研究者對這些軟體之觀點。以下分研究方法以及研究結果兩部分加以陳述和討論。

## 一、研究方法

### (一) 研究對象

本研究邀請10位具有科學教育研究相關背景之小學教師參與研究。這10位教師大學時皆非自然組的學生，對於演化相關概念並不熟稔，但對於科學教育之相關理論有初步的理解。

### (二) 研究流程與工具

研究者首先將已發展之九點評鑑原則轉化成李克式五等量表，舉例而言，第一個原則為：「能引起學生動機，促使學生主動解決問題」，李克式量表則分別針對 The Galapagos Finches 和 TB Lab 詢問：「我認為 The Galapagos Finches 這套軟體能引起我的學習動機，促使我主動解決問題」，以及「我認為 TB Lab 這套軟體能引起我的學習動機，促使我主動解決問題」。將原則轉化為量表後，在每一題後面，研究者另外設計問答題，讓受試者能寫出為什麼這樣選擇的原因。

研究者接著設計科技融入式課程，邀請上述之研究對象操作 The Galapagos Finches 和 TB Lab 這兩套軟體，而後針對操作的結果，評鑑這兩套軟體。整個課程設計是先實施 The Galapagos Finches 的教學，而後才實施 TB Lab 的教學。有關這兩套軟體的融入課程皆為三堂課，每堂課50分鐘，分散於兩個禮拜的教學。研究對象在這三堂課中，透過教師授課、示範軟體操作，有足夠時間可以充分操作軟體中的各項功能、探究並進行學習。此外，課程一結束，受試者便花大約10分鐘的時間填寫軟體評鑑原則之回饋問卷。

### (三) 資料分析

本研究針對九點評鑑原則之李克式量表，逐一進行平均數及標準差之描述性統計分析，藉此瞭解受試者自評其於 The Galapagos Finches 和 TB Lab 這兩套軟體的學習情形。而受試者所寫的原因則以歸納的方式整理，用以輔助瞭解受試者之所以選擇某一量表選項的理由。

## 二、研究結果

表2與表3分別呈現本研究中十名教師自評於 The Galapagos Finches 和 TB Lab 軟體中的學習情形，藉此，我們希望從受試者的角度瞭解這兩個軟體與生物科探究型學習軟體之評鑑原則之間的關係，也得以從其簡答示例獲悉這些軟體如何協助其學習演化的概念。

由表2觀之，受試者對於此項軟體協助其學習的總平均數為4.8分。若逐項觀之，則發現受試者在自評 The Galapagos Finches 這套軟體的使用時，於「2.協助回憶先備概念，使之產生有意義的學習」（平均4.67）、「7.活動能促進創造多媒體的作品，且能明確呈現其認識論任務」（平均4.56）以及「8.活動環境整合了反思的工具，使我能藉以反思其研究資料」（平均4.22）這三項中平均低於總平均4.80。由受試者簡答的理由觀之，受試者認為 The Galapagos Finches 較少提供與先備知識的連結，如果有，也並非軟體本身，而是根據軟體所設計的相關課程，例如：繪製 The Galapagos 群島的情景。有類似回應的受試者共有3名（例表2，#01）。此點和研究者於本文「評鑑原則之理論依據及示例」一節中所述相應。此外，受試者亦反應 The Galapagos Finches 並沒有設計明顯反思的工具，相關的反思機會，亦有待教師融入課程設計（3人，例表2，#08）。至於「7.活動能促進創造多媒體的作品，且能明確呈現其認識論任務」這一點，受試者主要反應不明瞭題目中「認識論」的意義（4人，例表2，#04），由於受試者是具有科學教育背景的小學教師，若其有如此的反應，關於此點評鑑原則，的確有其必要書寫得更為清楚明白。此外，所有受試者亦於第1、4、5、9這四點評鑑原則的部分給予非常同意的評價。由受試者的簡答中反應，學生對於 The Galapagos Finches 提供許多探究的方法（3人，例表2，#10），且軟體所營造的探究環境使其觀察到芬雀個體（微觀）及族群（巨觀）適應環境的現象（4人，例表2，第3點，#07）感到驚豔，另有4人提到台灣缺乏這種大型的探究型軟體，實有待結合資訊科學、科學、科學教育界組成跨領域團隊積極開發。



表2 受試者自評於 The Galapagos Finches 中的學習情形之描述性統計及理由示例

評鑑原則	平均	標準差	受試者回答理由示例
1. 我認為 The Galapagos Finches 能引起我的動機，促使學生主動解決問題	4.89	0.33	#09此套軟體讓我好像科學家一樣，可以自己設定要調查的目標，無論是一隻隻的雀鳥或是一個族群的平均。而且，我可以自己提出問題，再從資料庫中篩選自己覺得可能可以進一步調查的資料，因此我認為具備引起動機的吸引力。有動機，才會學得好！
2. 我認為 The Galapagos Finches 能協助我回憶先備概念，使之產生有意義的學習	4.67	0.50	#05這個軟體並沒有設計相關的資料或資料庫讓我可以和以前所學得的知識作一個連結。  #01[這個軟體]好像沒有提供與之前學習知識之間的聯[連]結。如果有的話，好像是出現在老師的課程設計?! 還是我沒有找到相關功能?!
3. 我認為 The Galapagos Finches 能提供科學推論與設計的真實環境，協助教師與我之間、我與其他同學之間的溝通以完成調查作品	5.00	0.00	#07我覺得這個軟體最棒的就是模擬科學家工作的環境，但你又不用真正去收集一隻隻雀鳥的資料，軟體又可以幫助我很快的畫出折線、趨勢圖，藉著這些圖表，我可以容易的跟小組同學分享我的看法。這樣一下微觀地看雀鳥，一下巨觀地看族群的資料，我覺得對於學習演化概念巨、微觀現象之間的連結有很大的幫助。
4. 我認為 The Galapagos Finches 能讓我可以盡情探索，甚至進行原本在日常生活中不易探索或根本不可能完成的探究活動	5.00	0.00	#08應該是沒有辦法重複達爾文調查的歷史，但是，藉著這些軟體的情境，我覺得我好像就是達爾文，可以去探索他當初探索和揭開芬雀鳥嘴之謎的歷程。  #02要調查這些資料，需要花很多時間、精力和金錢吧! 這個軟體可以協助我們完成這些生活中難以達成的活動。
5. 我認為 The Galapagos Finches 含括多種探究技巧，並且使我能根據明確、特定的學科研究策略結構接觸和分析資料的工具	5.00	0.00	#10平常上課，好像很難用到很多種探究技巧，我覺得這套軟體的確包含很多探究技巧，而且這些探究技巧都跟演化的概念相連結。可以很具體從中像是科學家一樣藉著分析資料來獲得演化的概念。

評鑑原則	平均	標準差	受試者回答理由示例
6.我認為 The Galapagos Finches 能提供機會讓我多回答 what if 的問題，協助我在學科理論的架構下建構其解釋	4.89	0.33	#06很多時候學演化概念你有看不到，這個軟體好像比較能把抽象的概念具體化，我可以自己設定一些 what if 的問題，例如：有沒有可能是因為乾旱的問題造成植物死亡而影響芬雀呢？有沒有可能是因為食性而影響芬雀的鳥喙呢？天馬行空都可以！猜錯也沒有關係。
7.我認為 The Galapagos Finches 的活動能促進我創造多媒體的作品，且其能明確呈現我的認識論的任務	4.56	0.73	#04認識論……？不是很明確知道這個意思。我把他[它]當作致知的方法來答。這套軟體的確可以創造很多作品，圖表等等，不過，多媒體定義好像很廣，但軟體可以使用表現的方式好像沒有很多種。也許要和 PPT、WORD 等再進一步的結合喔～
8.我認為 The Galapagos Finches 的活動環境整合了反思的工具，使我能藉以反思其研究的資料	4.22	0.67	#03我覺得反思這種後設認知的技巧很重要，偶爾停下來思考一下自己在這個階段獲得些什麼，再進一步思考，對演化大尺度會比較有概念。不過，這個好像軟體沒有設計？！老師上課倒是有把它加進來了。
9.我認為 The Galapagos Finches 能提供學習活動促進小組和整班的討論活動，使我能進一步分析探究策略並建立一致性的理解	5.00	0.00	#10這個我認為跟第7題有點像？我們小組可以利用它（軟體）的圖表來討論和解釋給別人聽。我們用它在解釋「適應」這個概念上，我覺得這套軟體有幫忙我們理解。
合計	4.80	0.28	

至於逐項討論受試者在自評 TB Lab 這套軟體的學習情形的話，則由表3發現受試者於「2.協助回憶先備概念，使之產生有意義的學習」（平均4.70）、「5.含括多種探究技巧，並且能根據明確、特定的學科研究策略結構接觸和分析資料的工具」（平均4.70）以及「7.活動能促進創造多媒體的作品，且能明確呈現其認識論任務」（平均4.30）這三項中平均低於總平均4.80。關於「2.協助回憶先備概念，使之產生有意義的學習」，受試者的回答提到此軟體的確有設計相關工具協助回憶其先備概念，但由於其非理組學生，且此套軟體為

英文軟體，因此即便有提供，但對於複雜的抗體、抗生素的相關知識仍少，因此連結不足（2人，例表3，#05），雖然如此，但此項的平均仍略高於 The Galapagos Finches 這套軟體。至於第5點，受試者則反應此套軟體雖亦包括多種探究技巧，但相對於 The Galapagos Finches，TB Lab 提供的探究技巧似乎較少（1人，例表3，#03）。而在第7點中，學生除反應 TB Lab 提供多媒體作品輸出格式較 The Galapagos Finches（2人，例表3，#09）少外，亦有人反應對於「認識論」一詞瞭解不夠清楚，會猶豫作答（1人，例表3，#01）。比較值得一提的是 TB Lab 在第8點反思活動中得到滿分，受試者的簡答反應其對於此軟體中 Note 的貼心小設計覺得很有用，就好像是研究室的實驗日誌一樣，的確有助於提供反思（3人，例表3，#01）。

表3 受試者自評於 TB Lab 中的學習情形之描述性統計及理由示例

評鑑原則	平均	標準差	受試者回答理由示例
1. 我認為 TB Lab 能引起我的動機，促使學生主動解決問題	4.90	0.32	#03這套軟體一進來的介面就是個虛擬實驗室，很有趣。第一次使用，還會有個影音檔說明任務，我覺得有引起動機（雖然是英文的XD）。
2. 我認為 TB Lab 能協助我回憶先備概念，使之產生有意義的學習	4.70	0.48	#05我覺得 TB Lab 這套軟體中提供了字典、Journal 等相關功能，不僅可以幫助回憶先備概念，真的不會，也可以補充相關知識吧！不過，我們原來不是理組，要閱讀這些英文，還是困難啊！！
3. 我認為 TB Lab 能提供科學推論與設計的真實環境，協助教師與我之間、我與其他同學之間的溝通以完成調查作品	4.90	0.32	#01我喜歡這個虛擬實驗室，好像真的在做實驗。但是做實驗要好多天，它可以一下子，而且又跑出相關圖表來。這些圖表，有助於我和別人的溝通，我們可以一起把任務完成。
4. 我認為 TB Lab 能讓我我可以盡情探索，甚至進行原本在日常生活中不易探索或根本不可能完成的探究活動	4.80	0.48	#01就好像上一題所寫的啊，要做實驗要好多天，像這個實驗，要做很多次實驗，我自己試了將近百次吧！要是真的，那要燒掉多少金錢啊！！而這些常識，讓我對於抗體與抗原之間的關係更加清楚。

評鑑原則	平均	標準差	受試者回答理由示例
5. 我認為 TB Lab 含括多種探究技巧，並且使我能根據明確、特定的學科研究策略結構接觸和分析資料的工具	4.70	0.32	#08探究教學其實很難，要設計。可是這套軟體好像都已經把它們包括進去了，對於瞭解究竟是哪種抗藥性機制與哪種抗生素之間的關聯會比較清楚。  #03雖然很棒，不過，我覺得 TB Lab 所含括的探究技巧好像比 Finches (The Galapagos Finches) 少。
6. 我認為 TB Lab 能提供機會讓我多回答 what if 的問題，協助我在學科理論的架構下建構其解釋	4.90	0.82	#07細菌很微小，看不到，要進實驗室做這些研究，還有放射性，不容易。這個軟體可以提供許多探索的面向，幫助我學習抗生素抗藥性的知識。
7. 我認為 TB Lab 的活動能促進我創造多媒體的作品，且其能明確呈現我的認識論的任務	4.30	0.00	#09這一題，跟上一次一樣，我覺得多媒體作品這套軟體是可以提供，可是沒有很多樣，甚至略少。但是是夠我來探索和完成我的任務啦！  #01認識論，啊～～我忘記查了@_@，還是不太明白耶。不過，算是有很多多媒體作品吧！
8. 我認為 TB Lab 的活動環境整合了反思的工具，使我能藉以反思其研究的資料	5.00	0.00	#01 TB Lab 這個部分做得比上一套軟體 (The Galapagos Finches) 好，它那個 NOTE 的功能，可以幫忙反思。
9. 我認為 TB Lab 能提供學習活動促進小組和整班的討論活動，使我能進一步分析探究策略並建立一致性的理解	5.00	0.00	#08我們的確利用 TB Lab 軟體設計的功能來進行小組討論。有討論比較懂得這些抗生素之間的關係和原理。
合計	4.80	0.30	

綜覽上述分析結果，研究者認為受試者利用此套評鑑原則評鑑本研究中提出之兩套示例軟體協助其演化概念的學習，有頗為正向的高同意度，此點間接肯定研究者提出這九點評鑑原則之推論，至於同意度略低的部分，由學生簡答的陳述內容，亦大致可與研究者於文中的示例相呼應。

## 肆、總結

九年一貫課程自然與生活科技學習領域的理念論及自然與生活科技的學習應以探究及實作的方式來進行，強調手腦並用、活動導向、設計與製作兼顧、知能與態度並重，使學生能學習科學與技術的探究方法及其基本知能，並能應用所學於當前和未來的生活課程目標。而一套優良的探究學習軟體便是協助達成如是目標的利器。本文以生物科探究型學習軟體為例，嘗試以各個學習理論為基礎，就科技是否能改變教師教學本質、協助學生主動建構理解、增進學生探究與解釋的能力以及是否促進學生後設認知等面向為主軸，訂定一套評鑑原則，且此原則考量了學生科學學習時概念、過程技能及情意等三個向度。受試者利用此套評鑑原則評鑑本研究中提出之兩套軟體協助其演化概念的學習，亦間接肯定研究者的推論。未來，相關領域之研究者，應能依據本研究所發展出之原則，進一步發展出更細部的評鑑指標。研究者希冀藉由這些面向的評鑑，能使科技更有效支持科學學習環境的建立以促進學生在更真實、更公平、更有效率的學習環境中主動學習。更期待台灣亦能組成類似西北大學這樣的大型團隊，自行設計適合台灣學生學習的探究型軟體環境以促進學生之主動科學學習。

## 參考文獻

- Bizzo, N. M. V. (1994). From down house landlord to Brazilian high school students: What has happened to evolutionary knowledge on the way? *Journal of Research in Science Teaching*, 31(5), 537-556.
- Cunningham, C. M., & Helms, J. V. (1998). Sociology of science as a means to a more authentic, inclusive science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(5), 483-499.
- De Corte, E. (1995). Fostering cognitive growth: A perspective from research on mathematics learning and instruction. *Educational Psychologist*, 30(1), 37-46.
- Deadman, J. A., & Kelly, P. J. (1978). What do secondary school boys understand

- about evolution and heredity before they are taught the topics? *Journal of Biology Education*, 12(1), 7-15.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E., & Scott, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23(7), 5-12.
- Edelson, D. C. (2001). Learning-for-use: A framework for the design of technology-supported inquiry activities. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(3), 355-385.
- Ferrari, M., & Chi, M. T. H. (1998). The nature of naïve explanations of natural selection. *International Journal of Science Education*, 20(10), 1231-1256.
- Krajcik, J. S., Czerniak, C. M., & Berger, C. (1999). *Teaching children science: A project-based approach*. Boston, MA: McGraw-Hill.
- Kuhn, D. (1993). Connecting scientific and informal reasoning. *Merrill-Palmer Quarterly*, 39, 74-103.
- Kuhn, D., Amsel, E., & O'Loughlin, M. (1988). *The development of scientific thinking skills*. San Diego, CA: Academic Press.
- Ohlsson, S. (1991). System hacking meets learning theory: Reflections on the goals and standards of research in artificial intelligence and education. *Journal of Artificial Intelligence in Education*, 2(3), 5-18.
- Pea, R. D. (1993). Practices of distributed intelligence and designs for education. In G. Salomon (Ed.), *Distributed cognitions* (pp. 47-87). New York: Cambridge University Press.
- Reiser, B. J., Tabak, I., Sandoval, W. A., Smith, B. K., Steinmuller, F., & Leone, A. J. (2001). BGuILE: Strategic and conceptual scaffolds for scientific inquiry in biology classrooms. In S. M. Carver & D. Klahr (Eds.), *Cognition and instruction: Twenty-five years of progress* (pp. 263-305). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Reiser, B. J., Spillane, J. P., Steinmuller, F., Sorsa, D., Carney, K., & Kyza, E. (2000). Investigating the mutual adaptation process in teachers' design of technology-infused curricula. In B. Fishman & S. O'Connor-Divelbiss (Eds.), *Fourth*

- international conference of the learning sciences* (pp. 342-349). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Songer, N. B. (1996). Exploring learning opportunities in coordinated network-enhanced classrooms: A case of kids as global scientist. *Journal of the Learning Sciences*, 5(4), 297-327.
- Thagard, P. (1992). *Conceptual revolutions*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Vosniadou, A. S., & Ioannides, C. (1998). From conceptual development to science education: A psychological point of view. *International Journal of Science Education*, 20(10), 1213-1230.
- Vosniadou, A. S., & Ioannides, C. (2001). Designing learning environments to promote conceptual change in science. *Learning and Instruction*, 11, 381-419.
- White, B. Y., & Schwarz, C. V. (1999). Alternative approaches to using modeling and simulation tools for teaching science. In W. Feurzeig & N. Roberts (Eds.), *Modeling and simulation in science and mathematics education* (pp. 227-256). Springer-Verlag New York, Inc.
- Wood-Robinson, C. (1994). Young people's ideas about inheritance and evolution. *Studies in Science Education*, 24, 29-47.

# The Development and Trial Application of the Evaluation Principles of Learning Software in Biology Inquiry

**Jing-Wen Lin**

Department of Natural Science, Taipei Municipal University of Education

[jwlin@tmue.edu.tw](mailto:jwlin@tmue.edu.tw)

## Abstract

The philosophy of Grade 1-9 curriculum in science and technology is learning by inquiry and hands-on. These methods could help students learn the inquiry skill, basic knowledge and correct science attitude as well as apply what they learned in current and future life. Excellent learning software of inquiry is an efficient instrument to attain these goals. Accordingly, there are two phases in this study. In the first phase, the researcher in this study takes learning software of biology inquiry for example, and tries to propose concrete and feasible evaluation principles which based on several learning theories to evaluate if the designed learning software could well support the establishment of science learning environment. In the second phase, ten elementary school teachers are evolved. After using “The Galapagos Finches” and “TB Lab” which designed by Northwest university, they try to use the evaluation principles to evaluate these two software tools. The researcher in this study hope these evaluation principles could support the establishment of science learning environment more efficiently and promote students to learn actively in a more authentic, equitable and efficient learning environment.

Keywords: inquiry, evolution, the evaluation principles of learning software