

第伍章 研究結論與建議

第一節 研究結論

1. 將學生作答結果，以 SPSS 進行描述性統計，120 位學生之中，六大題組 30 題總得分最高者為+28，最低者為-14，平均 5.68，標準差 7.91。若以中點分數（0 分）為區隔，78.3%的學生得分為正分（超過 0 分）。因此，就全體學生（111 班、113 班、115 班）在整份問卷的表現來看，變異論心智模式傾向多於轉型論心智模式傾向。
2. 就個別題組的作答表現而言，以 SPSS 進行相依樣本重複量數變異數分析 (Repeated-measures ANOVA)及事後比較(post hoc)(LSD 法)得知，全體學生在變異題組(總分平均：3.31)有最大的變異論作答反應，而在適應題組(總分平均：-2.98)有最大的轉型論作答反應。
3. 在變異題組的胡椒蛾繪圖著色題上，並未發現同一份問卷上的不同列(代表不同年份)上會出現不同類型的著色方式，換句話說，學生只會採取一種心智模式來完成一組胡椒蛾的著色題，未見到綜合型的心智模式。在胡椒蛾繪圖著色題上，17.5%的學生為轉型論的畫法，80.8%為變異論畫法，1.7%未作答。變異論者在繪圖時，其圖形呈現的是展開的(spreading)、明顯(distinct)的（或譯：不同的）適應；而轉型論者在著色時，其圖形呈現的是一致的(uniformly)適應。
4. 變異題組是舉英國胡椒蛾的故事所編製，由於國中教科書中有舉該案例來講述演化論，故學生能單憑機械記憶(rote memory)就做出變異論的回答，而在此題組上呈現出頗高的變異論作答反應，但可能並未充分理解達爾文的演化理論，因此無法遷移至以類比型式呈現的適應題組上，遂反映出具有較多的轉型論作答選擇。

5. 在遺傳題組上,其中第2題是鳥的翅膀剪短會不會使子女的翅膀跟著變短的情境,有高達94.2%的學生選擇變異論的選項。其餘各題的作答反應則為:4題以上選變異論者為5%,4題以上選轉型論者為10.8%,其餘者84.2%。顯示大多數學生對遺傳問題仍停留在一知半解的狀態。在第2題中,學生普遍不相信將鳥的翅膀剪短會造成子女的翅膀跟著變短,因為這似乎與日常生活經驗明顯不符。再者,由課堂教學實務經驗及測驗後訪談得知,學生雖普遍知道,「後天獲得的性狀是不能遺傳至下一代」的這項原則,但卻仍會一再出現拉馬克式的想法並反應在作答選項上。該題組的平均得分為-0.5,顯示就整體而言,學生在該題組具有較多的轉型論選擇。
6. 概觀學生在適應題組的整體表現,4題以上選轉型論者(得-5、-4、-3分)為79.2%,4題以上選變異論者(得+5、+3分)為12.5%,其餘者8.3%。顯示大多數學生是不能領會達爾文的物種適應理論的,也有小部份學生能領會達爾文的物種適應理論,一知半解的學生並不多。就其中個別選項來看,60.2%的學生選擇「外力類比(force analogy)」,20.2%的學生選達爾文的「選擇類比(selection analogy)」,13%選「成長類比(growth analogy)」,6.5%選「意圖類比(intention analogy)」。
7. 由此可知採取變異論心智模式的學生,認為選擇類比最類似於達爾文的物種適應理論。而採取轉型論心智模式的學生,認為外力類比最類似於達爾文的物種適應理論,其次為成長類比與意圖類比。這似乎也可解釋為,在解釋物種適應的因果機制時,最為偏好或認同(commitment) 直接的(direct)與相呼應的(corresponding)屬性,其次是次團體或種類(subgroups or classes)屬性,意圖的(intentional)屬性則較少。
8. 在馴化題組中的玉米排序問題上,選項a、c、f是對整體物種(族群) 基因上的改造;而選項b、d、e是對植物個體、後天性狀的改造。變異論者會認為acf的相關性高,而bde相關性低;轉型論者會認為bde相關性高,而acf相關性低。認為acf相關性高,而將此三個因素完全排序在bde之前者

有 35.8% (得+3 分); 反之, 認為 bde 相關性高, 而將此三個因素完全排序在 acf 之前者只有 5.8% (得-3 分)。認為 bde 三個因素之中至少有二個是低相關性者, 有 69.1% (得+3、+2 或+1 分)。學生在馴化題組第 4 題及第 5 題的變異論勾選反應分別為 84.2%、58.3%, 整個題組的得分平均為 1.9417。顯示出, 學生對馴化問題的變異論傾向高於轉型論。

9. 學生在種化題組上顯示出與 Poling & Evans(2004b)、Shtulman(2006)相同的研究結果——有部份學生會拒絕形態上(morphological)明顯不同的物種會擁有共同的祖先。此外, 由課堂教學經驗 (基礎生物第二章生物多樣性單元) 及事後訪談得知, 學生大多能正確清楚說教科書所述「種」的定義, 即: 在自然情況下能交配產生健康具有生殖能力的後代, 也知道生殖隔離的意思, 因為這些是他們國中時即已學過的。因而在第 5 題偏向名詞解釋定義的題型上會呈現較多的變異論答題反應, 然而卻無法遷移至相關的 2、3、4 題, 而表現出較多的轉型論答題反應。顯示學生仍以機械記憶的背誦方式在學習演化論。
10. 整體而言, 全體學生在滅絕問題上呈現出轉型論與變異論約略各半數的作答反應。學生對第 3、4、5 題的分支樹的描繪並不會感到困難, 反應出較高的變異論作答表現。由第 1 題的較多轉型論者作答表現可知, 學生可能低估了演化上滅絕發生的頻率, 一如過往學者的預期(Poling & Evans, 2004a; Shtulman, 2006)。
11. 對教學組(111 班)學生進行生物演化教學活動後, 旋進行生物演化概念問卷中變異、遺傳、適應三個題組的後測。變異題組的前、後測重複量數成對樣本 T 檢定顯示, $t_{(39)} = -2.070$, $p = .045 < .05$, 考驗結果達顯著, 顯示教學後, 學生具有較多的變異論作答反應。遺傳題組的前、後測重複量數成對樣本 T 檢定顯示, $t_{(39)} = -3.606$, $p = .001 < .05$, 考驗結果達顯著, 顯示教學後, 學生具有較多的變異論作答反應。適應題組的前、後測重複量數成對樣本 T 檢定顯示, $t_{(39)} = -3.734$, $p = .001 < .05$, 考驗結果達顯著, 顯示教學後, 學

生具有較多的變異論作答反應。再和對照組的前、後測結果相較，更加可以顯示，以提問法來輔助進行的「引導式重新創造」的生物演化教學課程，具有良好的教學成效。

12. 晤談時，學生在面對教科書中教過的演化情境時，多能不假思索地以變異論的解釋架構回答問題，但在面對不熟悉的演化情境問題時，則傾向以轉型論的解釋架構來回答問題。這說明了：(1)學生可能並未能充分理解達爾文的演化理論，因而不能產生學習遷移(2)其推論演化現象的預設值(default)為轉型論心智模式。此外，晤談結果也再度證明，對教學組學生所施行的前述教學課程具有良好教學成效——教學組學生在晤談時的五個演化問題上，均較對照組學生具有較多的變異論回答反應，與較少的轉型論回答反應。
13. Chi & Roscoe(2002)曾提心智模式的三個要件(3C)：(1)完整性 (2)融貫性 (3)正確性，並認為三者是相互垂直(orthogonal)的結構，彼此相輔相成，有互補效果。Chi(2005)也認為，學生可能知道突現模式的因果關係，卻不易知道具融貫性的突現過程因果機制。亦即，知道這些因素會影響模式或元件的因果關係，不等於知道介於元件和模式之間的因果機制(causal mechanism)。此外，學生經常會忽視因果關係，而直線式地學習教師所教的(Linn & Hsi, 2000, p.92; 引自 Chi, 2005)。因此，學生雖然從國小開始就接觸了許多的生物演化的文本，但直到高中階段，仍不能充分理解生物演化現象。由本研究的結果顯示，對於邏輯推論特性極重的生物演化概念，教師或可採取提問法的方式，由教師引導學生依循達爾文理論推導的邏輯順序，搭配突現過程本體基模的教學活動，幫助學生進行概念改變！
14. Duncan & Reiser(2006)認為造成學生學習分子遺傳學的如此艱難(challenging)的原因可能有二：(1)不可見 (invisibility) (2)不易感受 (inaccessibility)。本研究結果顯示，學生似乎容易見到或感受到的現象是「直接過程」(direct process)與個體層次(individual level)。例如個體受到環境的影響而發生適應性改變(adaptive change)或馴化(acclimation, acclimatization)的情形。學生似乎不容易

見到或感受到的現象是「突現過程」(emergent process)與族群層次(population level)。例如族群中組成結構（份子）的改變與演化現象的連結。

15. 本研究結果也顯示，在晤談時，學生一旦從生物個體的層次切入解釋演化現象，而進入錯誤的直接本體中，便不易移轉到正確的突現本體（族群的層次）。因為不同本體樹、類別間的轉換是相當困難的。
16. Duncan & Reiser(2006)也認為在分子遺傳學的教學上，過份聚焦在遺傳中心法則(central dogma: DNA --> RNA --> protein)的次序上，而忽略了蛋白質的概念，並應將焦點從次序移轉到概念本身(shift in focus from the procedural to the conceptual)。同樣的，研究者認為，傳統教科書在論述生物演化時，似乎過度著重在變異（個體差異）、過度繁殖、生存競爭、適者生存這四個達爾文演化論名詞與直線式過程（程序）的描述上，但卻忽略了演化本身的意涵、族群(population)在演化上的重要意義、以及演化模式發生的突現因果機制(emergent causal mechanism)。本研究的生物演化教學課程，其設計理念與Duncan & Reiser(2006)的主張相近，並獲致良好教學成效。
17. 學生能否從一開始接觸演化問題時，即從族群的層次來思考，才是學習演化困難與否的關鍵。如果不能將演化提升到族群的層次來思考問題，就容易掉入拉馬克用進廢退的思考世界裡，也無法產生突現的圖象。亦即，唯有以族群的層次來思考問題，才能浮現突現的意象。一旦學生領會演化的基本角色是族群後，便很容易能進入所學的變異、過度繁殖、生存競爭適者生存的程序中。反之，如果學生一開始即從個體的角度思考問題，就容易進入拉馬克式的邏輯中，也不容易跨越本體類別，回到突現過程本體。這樣的概念一旦形成，如同一棵本體樹中的不同分枝(branch)，在沒有其他外力幫助下，通常是不自知錯誤也不會重新繞回正確的分枝來的。

第二節 研究建議

1. 本次生物演化的教學設計，雖以個人知識建構與認知結構為主，但社會建構與情意面向亦值得重視。除了研究者的付出以外，如果沒有學生的認真與積極參與，任何設計都是枉然。學生的學習動機、同儕與師生的互動也許在概念改變中扮演了相當的角色與地位，或可供往後研究者深入探討。
2. 本次研究使用的生物演化概念問卷，其中的適應問題組，係以類比的方式來測試學生對達爾文物種適應的了解，而在教學實務上，使用類比方式進行生物演化教學的例子則並不多見。未來在類似的研究上，或可比較「提問法教學組」與「類比法教學組」在教學成效上的差異，也許能提供教科書編撰或教學實務之用。
3. 由於研究者僅任教於高一班級，加以高二以上學生課業較為繁重，而有商借班級進行研究之困難。期盼將來仍有機會可以針對不同年級、甚或相同學生在不同年齡階段的演化概念進行分析比較。