

## 第肆章 結果分析與討論

本章共分二節，第一節為生物演化概念問卷分析，將對三組 120 位學生首次填寫生物演化問卷時的答題反應進行逐題之概念分析。第二節為生物演化概念晤談分析，將對二組學生在晤談時的變異論與轉型論解釋類型進行統計分析。

### 第一節 生物演化概念問卷分析

生物演化概念問卷共有六大題組。在統計編碼上，每一大題內含 5 小題，故共有 30 小題。六大題組在問卷上之排序分別是：

一、「變異」問題。二、「遺傳」問題。三、「適應」問題。四、「馴化」問題。五、「種化」問題。六、「滅絕」問題。

以下將依序就六大題組的每一小題進行作答結果分析，接著再就每大題組為單位、以及整體問卷表現來進行分析。其中胡椒蛾繪圖著色題、玉米馴化相關因素排序題，以及細菌滅絕繪圖題也將做深入討論。

#### 一、「變異」問題

1. 英國在十九世紀經歷工業革命，大量燃燒煤炭導致鄉間佈滿黑色煤灰，在此期間，英國本地的胡椒蛾顏色也普遍變得較黑。假設較黑的顏色是較具適應性的，胡椒蛾身處的環境是如何造成它顏色的改變？

(A) 其中顏色較黑的蛾，它比較能偽裝以避開掠食者而得以繁殖下一代。

(B) 為了與身處的環境相協調、有偽裝效果，它們必須顏色變得較黑。

變異論者(variationist)和轉型論者(transformationists)都知道，同一物種內的成員間是不相同的、有差異的。但在解釋上，只有變異論者認為這樣的差異與演化有關，視變異為天擇的原料(fodder)；轉型論者則認為個體差異是一種不適應(maladaptive)、物種本質的偏離(deviations from a species' essence)，而往往會忽略

了變異的重要性。

學生作答情形如下表 4-1-1、圖 4-1-1 所示，85%的學生選擇了(A)變異論；7.5%的學生選擇(B)轉型論，作答結果顯示，大多數的學生在本題中具有變異論者傾向。

測驗後學生在與研究者晤談時大多表示，本題在國中時「已經學過了」，選擇(A)這個的選項似乎是很自然的事。(按：現行國中課本中有舉長頸鹿、胡椒蛾(peppered moth, *Biston betularia*)與加拉巴哥的雀鳥(Galapagos finches)為例說明演化論)是故，研究者以為，本題的作答情形很可能反應的只是學生的機械記憶(rota memory)，而未必能遷移至未學過的演化問題的推論上，也未必確切了解達爾文的理論。

表 4-1-1 變異題組第 1 題作答人數統計表

| 變異題組第 1 題 |     |       |       |       |
|-----------|-----|-------|-------|-------|
|           | 次數  | 百分比   | 有效百分比 | 累積百分比 |
| 有效的       | 轉型論 | 9     | 7.5   | 8.1   |
|           | 變異論 | 102   | 85.0  | 91.9  |
|           | 總和  | 111   | 92.5  | 100.0 |
| 未作答       | 9   | 7.5   |       |       |
| 總和        | 120 | 100.0 |       |       |

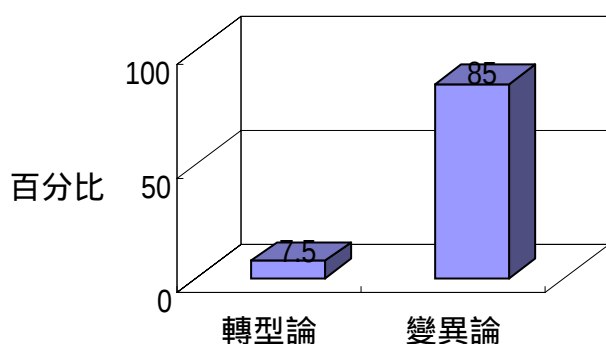
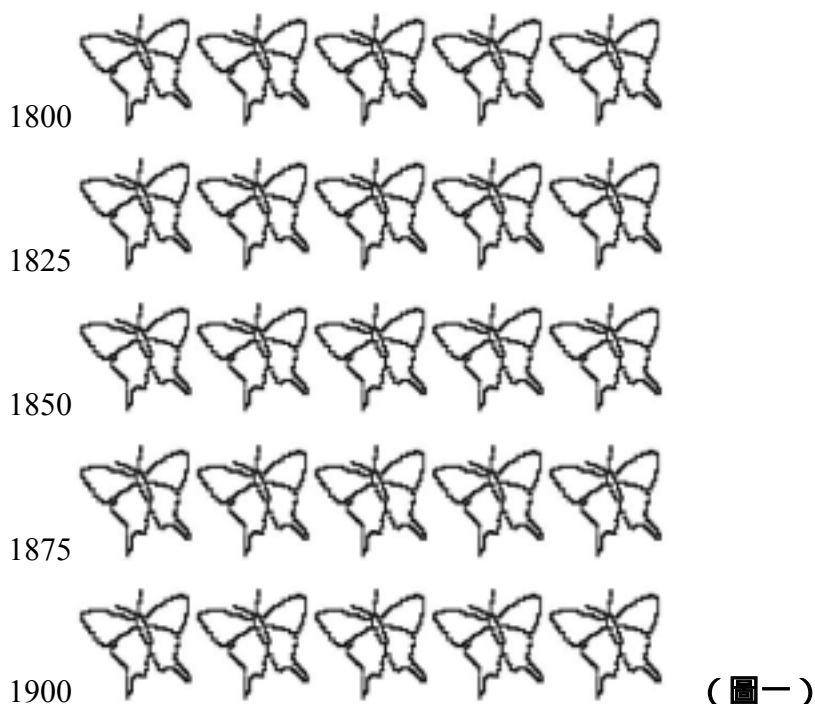


圖 4-1-1 變異題組第 1 題作答人數百分比統計圖

2. 假設你是當時的生物學家，每 25 年隨機蒐集胡椒蛾樣本，什麼樣的顏色變化是你預期的？請你自行以鉛筆著色於圖一。



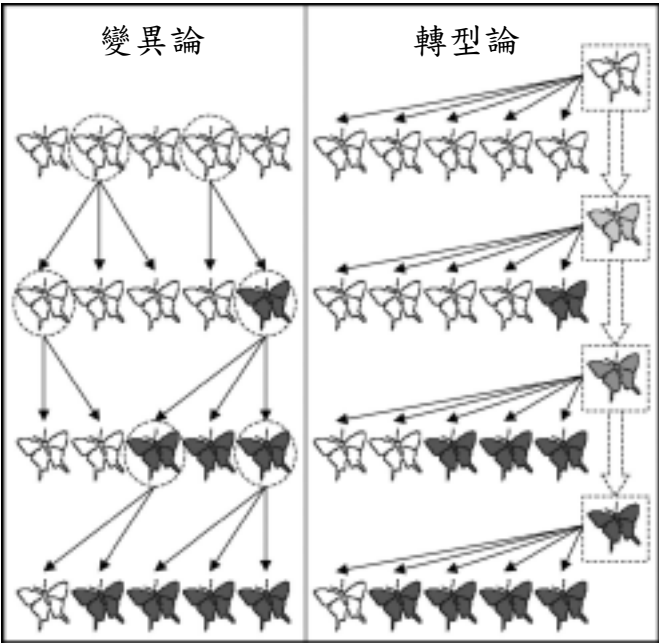
變異論與轉型論在胡椒蛾(peppered moth, *Biston betularia*)問題上的差異是：

(一)變異論主張物種的改變依據兩個過程，藉由一個由個體所組成的族群來運作(operate)；轉型論主張依據單一過程，藉由物種本質(essence)來運作。(二)變異論的適應為兩階段的過程：(1)機會性突變和有性生殖基因重組產生出同物種成員間的個體變異。(2)個體變異有些被保留，有些被移除，取決於能否存活並繁殖；轉型論合併這兩個過程，生物被認為能產生比自己更適合這個環境的後代，同物種的所有成員都有這種共同的本質。

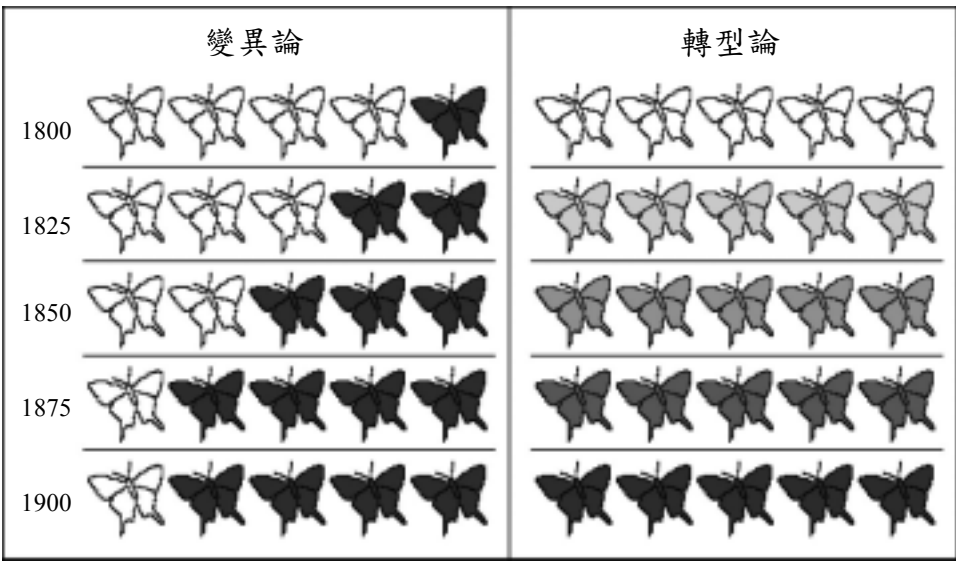
因此，變異論者與轉型論者的心智模式會有如下頁圖 4-1-2 所示之區別。反映在本題的手繪圖形上，變異論者在繪圖時，其圖形應會如同下頁圖 4-1-3 的左半部，呈現的是展開的(spreading)、明顯(distinct)的（或譯：不同的）適應；而轉型論者在著色時，其圖形如右半部的圖，呈現的是一致的(uniformly)適應。

再者，對應 Ferrari & Chi(1998)、Roscoe & Chi(2002)、Chi(2005)的主張（對照第貳章的表 2-2-7），Chi 等學者認為達爾文式的生物演化之概念本體是突現過程本體，具有明顯的(distinct)屬性，而拉馬克的生物演化之概念本體是直接過程

本體，具有一致的(uniform)屬性。因此，綜合上述理由，學生繪圖呈現如圖 4-1-4 者，可歸為變異論者的畫法；而學生繪圖呈現如圖 4-1-5 者，則可視為轉型論者的畫法。



圖片引自 Shtulman(2006)



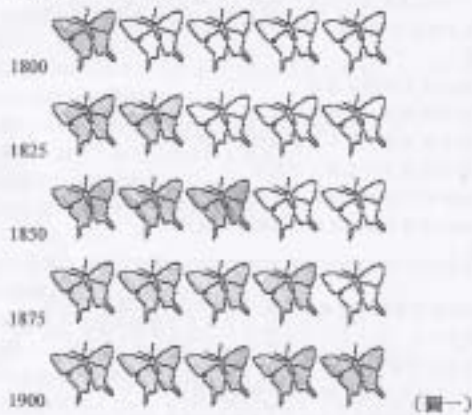
圖片引自 Shtulman(2006)

圖 4-1-2(上) 圖 4-1-3(下)變異論者與轉型論者的心智模式與著色方式。

- 親愛的同學，這份問卷的目的在了解高一學生對生物演化的想法，您的作答將具有重要的學術研究價值。這不是考試，請安心作答。
- 請儘量依序、詳細作答，並請直接作答於題目卷上。感謝您！

壹、「變異」問題：

- A 1. 英國在十九世紀經歷工業革命，大量燃燒煤炭導致鄉間佈滿黑色煤灰。在此期間，英國本地的胡椒蛾顏色也普遍變得較黑。假設較黑的顏色是較具適應性的，胡椒蛾身處的環境是如何造成它顏色的改變？
- (A) 其中顏色較黑的蛾，它比較能夠以避開捕食者而得以繁殖下一代。
- (B) 為了與身處的環境相協調，有偽裝效果，它們必須顏色變得較黑。
2. 假設你是當時的生物學家，每 25 年隨機蒐集胡椒蛾樣本，什麼樣的顏色變化是你預期的？請你自行以鉛筆塗色於圖一。



- 親愛的同學，這份問卷的目的在了解高一學生對生物演化的想法，您的作答將具有重要的學術研究價值。這不是考試，請安心作答。
- 請儘量依序、詳細作答，並請直接作答於題目卷上。感謝您！

壹、「變異」問題：

- B 1. 英國在十九世紀經歷工業革命，大量燃燒煤炭導致鄉間佈滿黑色煤灰。在此期間，英國本地的胡椒蛾顏色也普遍變得較黑。假設較黑的顏色是較具適應性的，胡椒蛾身處的環境是如何造成它顏色的改變？
- (A) 其中顏色較黑的蛾，它比較能夠以避開捕食者而得以繁殖下一代。
- (B) 為了與身處的環境相協調，有偽裝效果，它們必須顏色變得較黑。
2. 假設你是當時的生物學家，每 25 年隨機蒐集胡椒蛾樣本，什麼樣的顏色變化是你預期的？請你自行以鉛筆塗色於圖一。

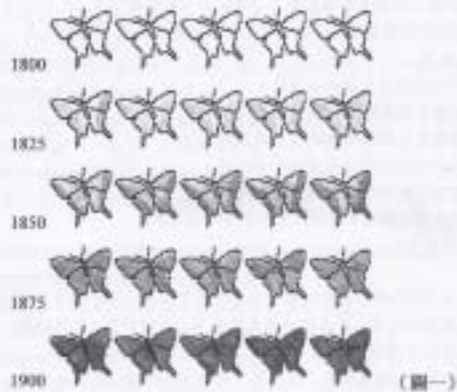


圖 4-1-4(上) 變異論者繪圖原案 & 圖 4-1-5(下) 轉型論者繪圖原案

胡椒蛾繪圖著色題在統計上是分成 4 題（第 2、3、4、5 題）：

第 2 題：比較 1800 到 1825 年的著色情形。

第 3 題：比較 1825 到 1850 年的著色情形。

第 4 題：比較 1850 到 1875 年的著色情形。

第 5 題：比較 1875 到 1900 年的著色情形。

#### 變異問題小結：

作答結果顯示，學生在這四題呈現出相當高的內部一致性(within-participant consistency)。編碼時未發現有不同列(代表不同年份)具有不同類型的著色方式出現在同一份問卷上，而未見綜合型的心智模式（故得分只有+4 分與-4 分兩種類型）。因此，**表 4-1-2、表 4-1-3、表 4-1-4、表 4-1-5** 的數據完全相同。

是故，在不考慮第一題的情況下，這四題的內部一致性係數  $\text{Alpha}=1.0000$ ；此四題與第一題的一致性係數為  $\text{Alpha}=.8654$ ，顯示出以文字表徵方式（第 1 題）來檢測學生的心智模式，大致上符合圖形表徵（胡椒蛾繪圖著色）之結果。

在胡椒蛾繪圖上，17.5%為轉型論的畫法（得-4 分），80.8%為變異論畫法（得+4 分），如**表 4-1-6、表 4-1-7**。綜合第 1 題及第 2、3、4、5 題（手繪著色題）之答題表現，顯示出學生在以胡椒蛾為故事所編製的變異題組中，有頗高的變異論答題反應，推測是由於國中課本有舉英國胡椒蛾的例子來說明演化論，學生能憑機械記憶(rota memory)來選答，但未必能遷移至教科書沒出現過的其他情境的演化問題上，也未必真確了解達爾文的演化理論。

**表 4-1-2 變異題組第 2 題作答人數統計表**

| 變異題組第 2 題 |     |     |       |       |       |
|-----------|-----|-----|-------|-------|-------|
|           |     | 次數  | 百分比   | 有效百分比 | 累積百分比 |
| 有效的       | 轉型論 | 21  | 17.5  | 17.8  | 17.8  |
|           | 變異論 | 97  | 80.8  | 82.2  | 100.0 |
|           | 總和  | 118 | 98.3  | 100.0 |       |
| 未作答       |     | 2   | 1.7   |       |       |
| 總和        |     | 120 | 100.0 |       |       |

**表 4-1-3 變異題組第 3 題作答人數統計表**

| 變異題組第 3 題 |     |     |       |       |       |
|-----------|-----|-----|-------|-------|-------|
|           |     | 次數  | 百分比   | 有效百分比 | 累積百分比 |
| 有效的       | 轉型論 | 21  | 17.5  | 17.8  | 17.8  |
|           | 變異論 | 97  | 80.8  | 82.2  | 100.0 |
|           | 總和  | 118 | 98.3  | 100.0 |       |
| 未作答       |     | 2   | 1.7   |       |       |
| 總和        |     | 120 | 100.0 |       |       |

**表 4-1-4 變異題組第 4 題作答人數統計表**

| 變異題組第 4 題 |     |     |       |       |       |
|-----------|-----|-----|-------|-------|-------|
|           |     | 次數  | 百分比   | 有效百分比 | 累積百分比 |
| 有效的       | 轉型論 | 21  | 17.5  | 17.8  | 17.8  |
|           | 變異論 | 97  | 80.8  | 82.2  | 100.0 |
|           | 總和  | 118 | 98.3  | 100.0 |       |
| 未作答       |     | 2   | 1.7   |       |       |
| 總和        |     | 120 | 100.0 |       |       |

**表 4-1-5 變異題組第 5 題作答人數統計表**

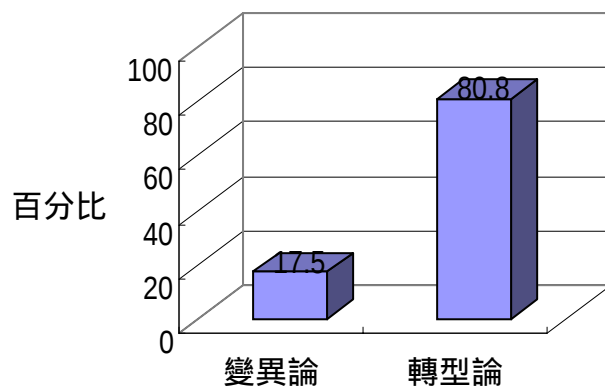
| 變異題組第 5 題 |     |     |       |       |       |
|-----------|-----|-----|-------|-------|-------|
|           |     | 次數  | 百分比   | 有效百分比 | 累積百分比 |
| 有效的       | 轉型論 | 21  | 17.5  | 17.8  | 17.8  |
|           | 變異論 | 97  | 80.8  | 82.2  | 100.0 |
|           | 總和  | 118 | 98.3  | 100.0 |       |
| 未作答       |     | 2   | 1.7   |       |       |
| 總和        |     | 120 | 100.0 |       |       |

**表 4-1-6 胡椒蛾著色題描述性統計量表**

| 統計量                      |     |       |
|--------------------------|-----|-------|
| TOTA2A5(胡椒蛾問題 2~5 題；著色題) |     |       |
| 個數                       | 有效的 | 118   |
|                          | 未作答 | 2     |
| 平均數                      |     | 2.58  |
| 標準差                      |     | 3.07  |
| 最小值                      |     | -4.00 |
| 最大值                      |     | 4.00  |

**表 4-1-7 胡椒蛾著色題作答人數得分統計表**

| TOTA2A5(胡椒蛾問題 2~5 題；著色題) |             |     |       |       |       |
|--------------------------|-------------|-----|-------|-------|-------|
|                          |             | 次數  | 百分比   | 有效百分比 | 累積百分比 |
| 有效的                      | -4.00 (轉型論) | 21  | 17.5  | 17.8  | 17.8  |
|                          | 4.00 (變異論)  | 97  | 80.8  | 82.2  | 100.0 |
|                          | 總和          | 118 | 98.3  | 100.0 |       |
| 未作答                      |             | 2   | 1.7   |       |       |
| 總和                       |             | 120 | 100.0 |       |       |



**圖 4-1-6 胡椒蛾手繪著色題作答人數百分比統計圖**

## 二、「遺傳」問題

1. 假設生物學家最近在一個孤立的小島（A 島）發現一種啄木鳥，其鳥喙平均長度是 3 公分，而它們唯一的食物來源是一種住在樹皮下平均 5 公分深處的蟲。在這種情況下，任兩隻啄木鳥的子女會發展出怎樣的鳥喙？

- (A) 比父母長。因為較長的鳥喙是生存所必需的。
- (B) 比父母長。因為鳥會適應它們的環境。
- (C) 不一定比父母長。因為後代相較於父母的變異是隨機的。
- (D) 不一定比父母長。因為環境不會影響突變進行的方向。
- (E) 不一定比父母長。僅一代的時間還不足以演化出較長的鳥喙。
- (F) 其他：（請將理由寫出來）\_\_\_\_\_

轉型論者和變異論者都知道子代會長得像親代。轉型論者認為這種相像，是一種物種本質(essence)的傳達，生物會傾向於遺傳有適應價值(adaptive value)的性狀給子代，而不管親代本身是否具該種性狀；變異論者認為，親代遺傳性狀給子代時，是不管該性狀有沒有適應價值的。

本題主要在探討學生對於差別性狀的可遺傳(heritability of various traits)的想法。轉型論者認為啄木鳥會發展出較父母長的鳥喙，並以較長的鳥喙是生存所必需的推論邏輯來辯證(justify)其所選之答案；變異論者則認為突變(mutations)是隨機的(random)。

現行國中課本中，提到長頸鹿、英國的胡椒蛾以及加拉巴哥的雀鳥的例子。雀鳥因為競食大小堅硬不同的種子，而產生性狀替換(character displacement)的現象，有點類似本問卷的啄木鳥的例子，但不全然相同。學生作答情形如下表

4-1-8、圖 4-1-7 所示，57.5%的學生選擇了轉型論的(A)(B)(E)選項；40.8%的學生選擇變異論的(C)(D)選項。與變異題組的作答表現相較，學生呈現出較多的轉型論作答反應。顯示學生不能完全遷移至教科書未教的演化問題或情境。

表 4-1-8 遺傳題組第 1 題作答人數統計表

| 遺傳題組第 1 題 |     |     |       |             |
|-----------|-----|-----|-------|-------------|
|           |     | 次數  | 百分比   | 有效百分比 累積百分比 |
| 有效的       | 轉型論 | 69  | 57.5  | 58.0        |
|           | 模糊  | 1   | .8    | .8          |
|           | 變異論 | 49  | 40.8  | 41.2        |
|           | 總和  | 119 | 99.2  | 100.0       |
| 未作答       |     | 1   | .8    |             |
| 總和        |     | 120 | 100.0 |             |

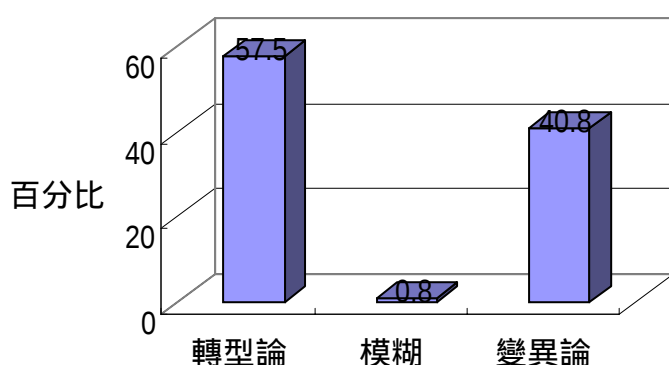


圖 4-1-7 遺傳題組第 1 題作答人數百分比統計圖

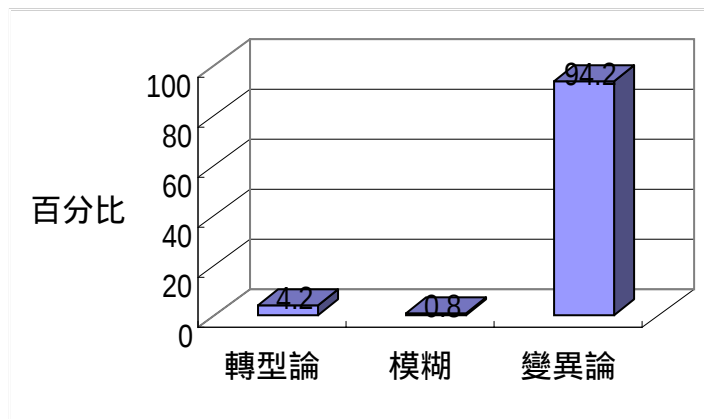
2. (承第 1 題) 如果生物學家將某些啄木鳥的翅膀羽毛剪短，使其不會飛，則這些啄木鳥的子代與其他正常啄木鳥的子代相比，其翅膀羽毛長度會……
- (A) 較短。因為這相當於被生物學家引進了新的鳥的品種。
- (B) 較短。因為生物學家誘導出了一種新的性狀。
- (C) 不一定較短。因為生命中獲得的性狀不會傳遞到下一代。
- (D) 不一定較短。因為這樣的改變不是基因上的改變。
- (E) 不一定較短。因為後代相較於父母的變異是隨機的。
- (F) 不一定較短。因為翅膀羽毛變短對生存是不利的。
- (G) 不一定較短。翅膀羽毛僅被剪短一代，還不會有太大改變。
- (H) 其他：(請將理由寫出來) \_\_\_\_\_

學生作答情形如下表 4-1-9、圖 4-1-8 所示，4.2% 的學生選擇了轉型論的 (A)(B)(F)(G) 選項； 94.2% 的學生選擇變異論的 (C)(D)(E) 選項。由作答情形顯示，學生普遍不相信將鳥的翅膀剪短會造成子代的翅膀跟著變短，因為這似乎與日常

生活經驗明顯不符。因此大多數的學生在本題中都選擇變異論的選項。

**表 4-1-9** 遺傳題組第 2 題作答人數統計表

| 遺傳題組第 2 題 |     |       |       |       |
|-----------|-----|-------|-------|-------|
|           | 次數  | 百分比   | 有效百分比 | 累積百分比 |
| 有效的       | 轉型論 | 5     | 4.2   | 4.2   |
|           | 模糊  | 1     | .8    | 5.0   |
|           | 變異論 | 113   | 94.2  | 100.0 |
|           | 總和  | 119   | 99.2  | 100.0 |
| 未作答       | 1   | .8    |       |       |
| 總和        | 120 | 100.0 |       |       |



**圖 4-1-8** 遺傳題組第 2 題作答人數百分比統計圖

3. (承第 1 題) 如果其中有一對啄木鳥遷移到另一個樹少、風強的小島 (B 島)，培養出強壯的翅膀，它們在這裡產下的子女，與其他留在原來 A 島的啄木鳥的子女相比，其翅膀會長得……
- (A)較強壯。因為較強壯的翅膀是生存所必需的。
- (B)較強壯。因為其子女會去適應樹少、風強的新環境。
- (C)不一定較強壯。因為生命中獲得的性狀不會傳遞到下一代。
- (D)不一定較強壯。因為這樣的改變不是基因上的改變。
- (E)不一定較強壯。因為後代相較於父母的變異是隨機的。
- (F)不一定較強壯。僅一代的時間還不足以演化出較強壯的翅膀。
- (G)其他：(請將理由寫出來) \_\_\_\_\_

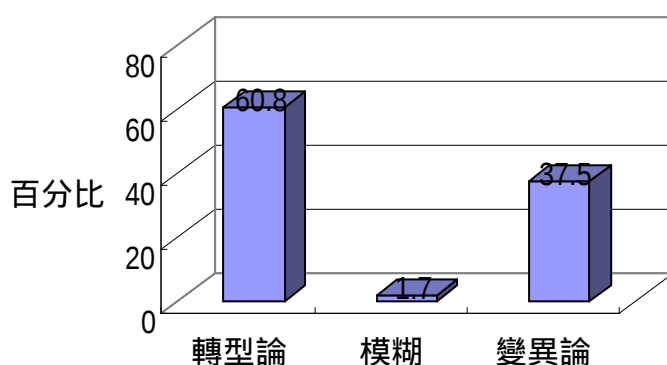
在本題中，不論學生選擇的是(A)、(B)或(F)選項，所反映的都是以**轉型**做

為推論之起點。(C)(D)選項表示，後天獲得的性狀，若改變不是發生在基因上或生殖細胞的改變，這樣的改變是不會遺傳至下一代的。(E)選項表示，變異或突變的發生，本身是隨機的、沒有方向性。

學生作答情形如下表 4-1-10、圖 4-1-9 所示，本題不若前題（第 2 題）之與日常生活經驗有明顯衝突，因此呈現出較多的轉型論答題反應。60.8%的學生選擇了轉型論的(A)(B)(F)選項；37.5 %的學生選擇變異論的(C)(D)(E)選項。

**表 4-1-10** 遺傳題組第 3 題作答人數統計表

| 遺傳題組第 3 題 |     |     |       |       |       |
|-----------|-----|-----|-------|-------|-------|
|           |     | 次數  | 百分比   | 有效百分比 | 累積百分比 |
| 有效的       | 轉型論 | 73  | 60.8  | 60.8  | 60.8  |
|           | 模糊  | 2   | 1.7   | 1.7   | 62.5  |
|           | 變異論 | 45  | 37.5  | 37.5  | 100.0 |
|           | 總和  | 120 | 100.0 | 100.0 |       |



**圖 4-1-9** 遺傳題組第 3 題作答人數統計圖

4. (承第 1 題) 在 A 島上，生物學家發現這種啄木鳥，其中只有一小部份的鳥有繁殖下一代的事實。其他種類的鳥，則大部份都有繁殖下一代的事實。那麼相較之下，這種啄木鳥適應環境的情況會是.....

- (A)較快的。因為有繁殖下一代的啄木鳥，都是其中最適應環境的啄木鳥。  
 (B)較慢的。因為這樣會減少產生突變的機會，因而產生變異的機會也將跟著減少。  
 (C)較慢的。因為如此一來，這種啄木鳥將只有較少的機會去適應環境。  
 (D)較慢的。因為這種情況顯示出—這種啄木鳥比較不能適應環境。  
 (E)不一定。因為我們不知道—不同種類的鳥是否有不同的突變率。  
 (F)不一定。繁殖和適應沒有關聯。  
 (G)其他：(請將理由寫出來) \_\_\_\_\_

(A)(B)選項，看似兩個相衝突的答案，但都是達爾文論的想法。其中(A)選項反映的是以族群組成份子為推論起點，亦即“changes in group membership”。而(B)選項表示，突變是機率的問題，繁殖機會愈少，突變的機率也會愈少。選擇(C)(D)選項的學生，是從個體對環境的適應去做邏輯推論，亦即認為所謂的適應，是“changes in the group members themselves”。

學生作答情形如下表 4-1-11、圖 4-1-10 所示，36.7%的學生選擇了轉型論的(C)(D)(F)選項；61.7 %的學生選擇變異論的(A)(B)(E)選項。

**表 4-1-11 遺傳題組第 4 題作答人數統計表**

| 遺傳題組第 4 題 |     |     |       |       |       |
|-----------|-----|-----|-------|-------|-------|
|           |     | 次數  | 百分比   | 有效百分比 | 累積百分比 |
| 有效的       | 轉型論 | 44  | 36.7  | 37.0  | 37.0  |
|           | 模糊  | 1   | .8    | .8    | 37.8  |
|           | 變異論 | 74  | 61.7  | 62.2  | 100.0 |
|           | 總和  | 119 | 99.2  | 100.0 |       |
| 未作答       |     | 1   | .8    |       |       |
| 總和        |     | 120 | 100.0 |       |       |

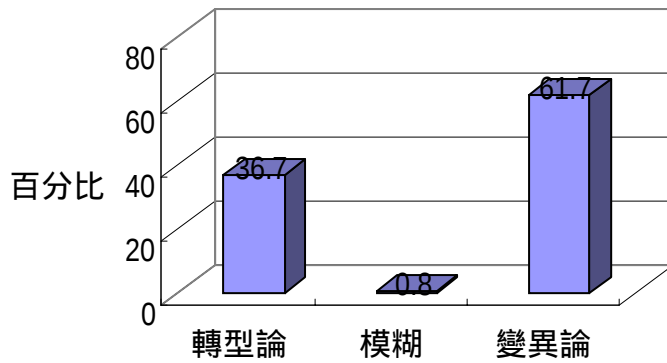


圖 4-1-10 遺傳題組第 4 題作答人數百分比統計圖

5.(承第 1 題)假設生物學家在 2107 年 (100 年後) 再重回這個 A 島，發現啄木鳥的鳥喙平均長度已由 3 公分增長為 5 公分，但仍然有一些啄木鳥的鳥喙是短於 5 公分。那這些鳥喙短於 5 公分的啄木鳥，較有可能是 2007 年哪些鳥的後代呢？

(A)鳥喙長度短於平均值的。因為鳥喙短於平均值的會將性狀遺傳給下一代。

(B)鳥喙長度長於平均值的。因為鳥喙長於平均值的比較有可能繁殖下一代。

(C)鳥喙長度長於平均值的。因為鳥喙短於平均值的比較容易死亡而沒有下一代。

(D)不一定。因為演化是隨機的。

(E)不一定。因為較長的鳥喙這種性狀，不管對短喙鳥或長喙鳥而言都是有利的。

(F)其他：(請將理由寫出來) \_\_\_\_\_

Dawkins (1986)指出，由於生命的複雜，達爾文的演化不僅不能簡化為所謂

「機率」的理論，反而是機率的悖反！而他正致力摧毀這個迷思。－

“Since living complexity embodies the very antithesis of chance, if you think that Darwinism is tantamount to chance you’ll obviously find it easy to refute Darwinism! One of my task will be to destroy this eagerly believed myth that Darwinism is a theory of ‘chance’ (p. xi).

他更進一步指出，所謂「達爾文式的演化是隨機的」，不僅不真確，更是完全相反。演化中最重要的因素其實是「累進選擇」，而它根本是非隨機的。－

“This belief, that Darwinian evolution is ‘random’, is not merely false. It is the exact opposite of the truth. Chance is a minor ingredient in the Darwinian recipe, but the most important ingredient is cumulative selection which is quintessentially nonrandom” (p.49).

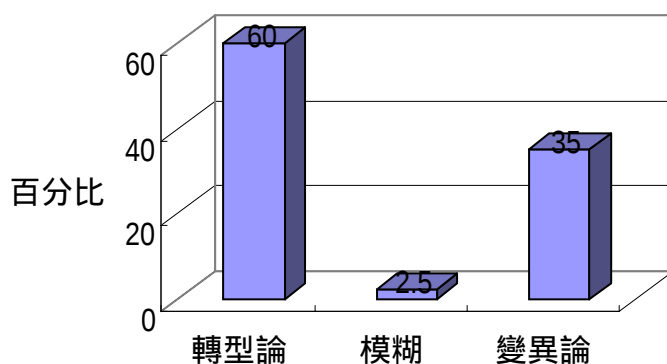
因此，簡單來說，「突變是隨機的，但世代累積起來的變化卻不是隨機的；

子女與父母的差異是沒有一定方向的（隨機的），但是子女中哪一個有機會將基因遺傳到下一代卻不是隨機的」（p. 56）。

因此本題在設計上，(A)(D)(E)選項為轉型論的解釋架構，有 60% 的學生勾選；(B)(C)選項為變異論的解釋架構，有 35% 的學生勾選。如下表 4-1-12、圖 4-1-11 所示。

**表 4-1-12** 遺傳題組第 5 題作答人數統計表

| 遺傳題組第 5 題 |     |     |       |       |       |
|-----------|-----|-----|-------|-------|-------|
|           |     | 次數  | 百分比   | 有效百分比 | 累積百分比 |
| 有效的       | 轉型論 | 72  | 60.0  | 61.5  | 61.5  |
|           | 模糊  | 3   | 2.5   | 2.6   | 64.1  |
|           | 變異論 | 42  | 35.0  | 35.9  | 100.0 |
|           | 總和  | 117 | 97.5  | 100.0 |       |
| 未作答       |     | 3   | 2.5   |       |       |
| 總和        |     | 120 | 100.0 |       |       |



**圖 4-1-11** 遺傳題組第 5 題作答人數百分比統計圖

### 遺傳問題小結：

概觀遺傳題組的整體表現，在第 2 題中，問題情境是將翅膀剪短，子女翅膀是否會跟著變短，有高達 94.2% 的學生選擇變異論的選項。顯示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，學生普遍知道，後天獲得的

性狀是不能遺傳至下一代的這句話，但卻仍會出現拉馬克式的想法而反應在作答選項上。由本題組總得分來看，4 題以上選轉型論者為 10.8%，4 題以上選變異論者為 5%，其餘者 84.2%，這顯示出，充分了解達爾文論者與完全不了解達爾文論者皆屬少數，換句話說，大多數學生仍停留在一知半解的狀態，僅對生活中明顯可觀察的現象經驗可做出正確的判斷與勾選。該題組的平均得分為-0.5。如表 4-1-13、表 4-1-14 所示。

**表 4-1-13** 遺傳問題描述性統計量表

| 統計量                 |       |
|---------------------|-------|
| TOTB1B5(遺傳問題 1~5 題) |       |
| 個數                  | 120   |
| 平均數                 | .50   |
| 標準差                 | 2.15  |
| 最小值                 | -3.00 |
| 最大值                 | 5.00  |

**表 4-1-14** 遺傳問題作答人數得分統計表

| TOTB1B5(遺傳問題 1~5 題) |       |     |       |       |       |
|---------------------|-------|-----|-------|-------|-------|
|                     | 次數    | 百分比 | 有效百分比 | 累積百分比 |       |
| 有效的                 | -3.00 | 13  | 10.8  | 10.8  | 10.8  |
|                     | -2.00 | 4   | 3.3   | 3.3   | 14.2  |
|                     | -1.00 | 35  | 29.2  | 29.2  | 43.3  |
|                     | .00   | 2   | 1.7   | 1.7   | 45.0  |
|                     | 1.00  | 32  | 26.7  | 26.7  | 71.7  |
|                     | 2.00  | 3   | 2.5   | 2.5   | 74.2  |
|                     | 3.00  | 25  | 20.8  | 20.8  | 95.0  |
|                     | 4.00  | 1   | .8    | .8    | 95.8  |
|                     | 5.00  | 5   | 4.2   | 4.2   | 100.0 |
|                     | 總和    | 120 | 100.0 | 100.0 |       |

### 三、「適應」問題

1. 某一個國中籃球隊在這個球季的每場比賽的得分都高於上一個球季，對於這樣的改變，以下哪一個解釋最類似於達爾文的物種適應理論？

- (A) 經過一季之後，每個球員都長高了。
- (B) 比賽經驗愈多，就會增進該項運動的表現。
- (C) 這一季有較多的人參加該球隊球員的選拔。
- (D) 平均而言，該球隊成員這一季有較努力在練習。

變異論者和轉型論者都知道，許多生物會早在生殖成熟前即死亡，但只有變異論者會認為這與適應有關；轉型論者除了認為物種內成員間的本質(essence)是相同的以外，也忽略了天擇在物種適應上所扮演的角色。

Shtulman(2006)在適應問題組在設計上，使用了四個類比式推論(analogical-reasoning)來區分學生對適應之詮釋。這四個類比分別是：

- 1. 意圖類比(intention analogy)(例如：平均而言，該球隊成員這一季有較努力在練習。)
- 2. 外力類比(force analogy)(例如：比賽經驗愈多，就會增進該項運動的表現)
- 3. 成長類比(growth analogy)(例如：經過一季之後，每個球員都長高了)
- 4. 選擇類比(selection analogy)(例如：這一季有較多的人參加該球隊球員的選拔)

對應 Chi(2005)的主張，她認為達爾文式的生物演化之概念本體是突現過程本體，而突現過程本體樹中元件與型式之間的關係(Component-pattern relations)（或稱因果機制(causal mechanism)），具有所有元件（元件的積聚）、非直接的、脫鈎的、相等的地位、局部的目的或非意圖的等五個屬性；她認為拉馬克式的生物演化之概念本體是屬於直接過程本體，而直接過程本體樹中元件與型式之間的關係（或稱因果機制）具有次團體（或種類）、直接的、相呼應的、不同的地位、整體的目的或意圖的等五個屬性（參看第貳章表 2-2-7）。

兩相對照可知：

- 1. 意圖類比具有直接過程本體的意圖的(intentional)屬性。
- 2. 外力類比具有直接過程本體的直接的(direct)與相呼應的(corresponding)屬性。

3.成長類比具有直接過程本體的次團體或種類(subgroups or classes)屬性。

4.選擇類比具有突現過程本體的所有屬性。

因此，藉由學生勾選的選項，除了可區分其心智模式的類型（變異論或轉型論），也可反映出採轉型論心智模式的學生，在解釋因果機制時之偏好或認同(commitment)。

在本題組的 5 個題目中，就題目設計的構想或依據而言，選擇類比的案例是由於團體組成份子的改變(changes in group membership)，而使得整個團體的表現有所增進；然而，另外三個類比的案例，是由於團體組成份子自身表現的增進(changes in the group members themselves)，而使整個團體的表現有所增進。前者即為變異論的心智模式，後者即為轉型論的心智模式。

第 1 題學生作答情形如下表 4-1-15、圖 4-1-12 所示，83.3%的學生選擇了轉型論的(A)(B)(D)選項；16.7%的學生選擇變異論的(C)選項。

※說明：(A)選項：成長類比。 (B)選項：外力類比。

(C)選項：選擇類比。 (D)選項：意圖類比。

表 4-1-15 適應題組第 1 題作答人數統計表

| 適應題組第 1 題 |     |     |       |       |       |
|-----------|-----|-----|-------|-------|-------|
|           |     | 次數  | 百分比   | 有效百分比 | 累積百分比 |
| 有效的       | 轉型論 | 100 | 83.3  | 83.3  | 83.3  |
|           | 變異論 | 20  | 16.7  | 16.7  | 100.0 |
|           | 總和  | 120 | 100.0 | 100.0 |       |

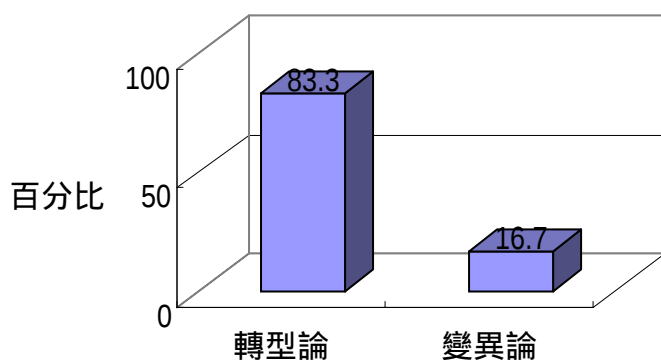


圖 4-1-12 適應題組第 1 題作答人數百分比統計圖

2.某家雜誌今年的銷售量大於去年，對於這樣的改變，以下哪一個解釋最類似於達爾文的物種適應理論？

(A)記者的人數維持不變，但降低文章被登載的次數。

(B)文章寫得愈多、愈久，記者的文筆會愈好。

(C)雜誌社同仁矢志今年要努力工作。

(D)一年之後，記者們的寫作風格漸趨成熟。

學生作答情形如下表 4-1-16、圖 4-1-13 所示，86.7%的學生選擇了轉型論的(B)(C)(D)選項；13.3%的學生選擇變異論的(A)選項。

※說明：(A)選項：選擇類比。 (B)選項：外力類比。

(C)選項：意圖類比。 (D)選項：成長類比。

表 4-1-16 適應題組第 2 題作答人數統計表

| 適應題組第 2 題 |     |     |       |       |       |
|-----------|-----|-----|-------|-------|-------|
|           |     | 次數  | 百分比   | 有效百分比 | 累積百分比 |
| 有效的       | 轉型論 | 104 | 86.7  | 86.7  | 86.7  |
|           | 變異論 | 16  | 13.3  | 13.3  | 100.0 |
|           | 總和  | 120 | 100.0 | 100.0 |       |

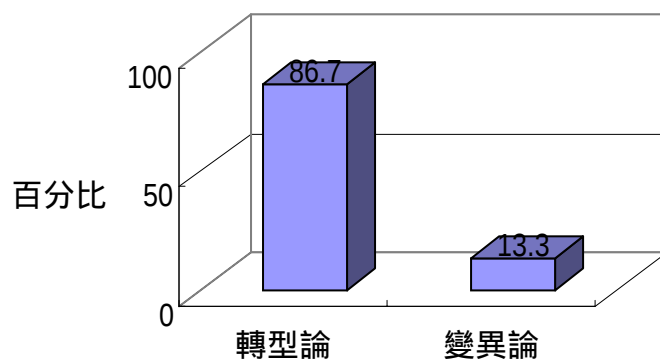


圖 4-1-13 適應題組第 2 題作答人數百分比統計圖

3.某私立高中今年的大學學測平均成績高於去年 30 分，對於這樣的改變，以下哪一個解釋最類似於達爾文的物種適應理論？

(A)該校提供多種獎金鼓舞學生在學測上的優異成績。

(B)這次參加學測的學生是在該校新的入學標準下入學的第一屆，入學成績要求較高。

(C)這次參加學測的學生，大部份是重考生，一年過後，智力又有所增長。

(D)這次參加學測的學生，模擬考的經驗較多、練習的機會較多。

學生作答情形如下表 4-1-17、圖 4-1-14 所示，67.5%的學生選擇了轉型論的 (A)(C)(D)選項；32.5%的學生選擇變異論的(B)選項。

※說明：(A)選項：意圖類比。

(B)選項：選擇類比。

(C)選項：成長類比。

(D)選項：外力類比。

表 4-1-17 適應題組第 3 題作答人數統計表

| 適應題組第 3 題 |     |     |       |       |       |
|-----------|-----|-----|-------|-------|-------|
|           |     | 次數  | 百分比   | 有效百分比 | 累積百分比 |
| 有效的       | 轉型論 | 81  | 67.5  | 67.5  | 67.5  |
|           | 變異論 | 39  | 32.5  | 32.5  | 100.0 |
| 總和        |     | 120 | 100.0 | 100.0 |       |

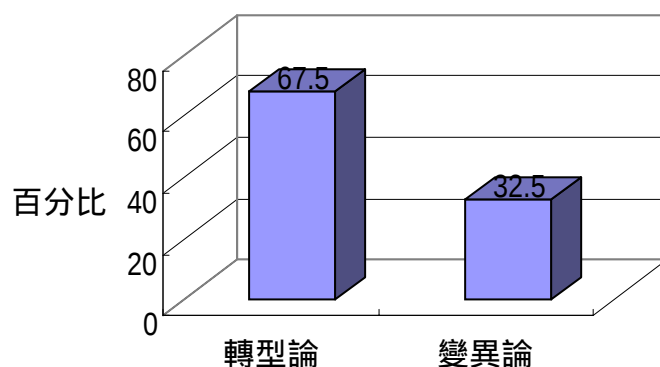


圖 4-1-14 適應題組第 3 題作答人數百分比統計圖

- 4.某個交響樂團在這一個音樂季的表現優於上一季。對於這樣的改變，以下哪一個解釋最類似於達爾文的物種適應理論？
- (A)樂師對樂器的熟稔度會隨表演次數的增加，而有所進步。
- (B)經過一季的時間，樂師們的音樂素養又有所增加。
- (C)該樂團這一季從別的樂團挖角過來許多優秀的樂師。
- (D)除了排演之外，每個樂師又努力地在練習。

學生作答情形如下表 4-1-18、圖 4-1-15 所示，82.5%的學生選擇了轉型論的 (A)(B)(D)選項；17.5%的學生選擇變異論的(C)選項。

※說明：(A)選項：外力類比。 (B)選項：成長類比。

(C)選項：選擇類比。 (D)選項：意圖類比。

表 4-1-18 適應題組第 4 題作答人數統計表

| 適應題組第 4 題 |     |     |       |       |       |
|-----------|-----|-----|-------|-------|-------|
|           |     | 次數  | 百分比   | 有效百分比 | 累積百分比 |
| 有效的       | 轉型論 | 99  | 82.5  | 82.5  | 82.5  |
|           | 變異論 | 21  | 17.5  | 17.5  | 100.0 |
|           | 總和  | 120 | 100.0 | 100.0 |       |

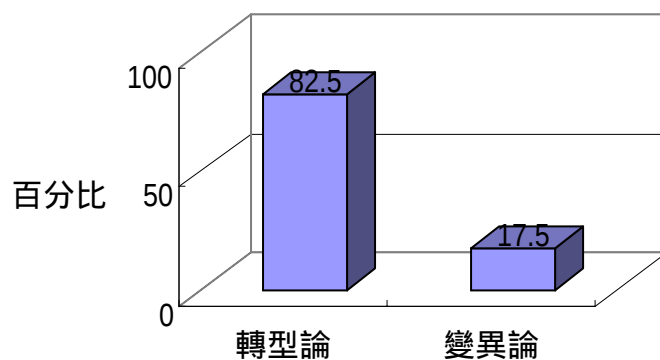


圖 4-1-15 適應題組第 4 題作答人數百分比統計圖

5.某玩具工廠的進行一個長期追蹤研究計畫，參與此項研究計畫的兒童在經過一年之後，完成拼圖的速度是最初的兩倍快。對於這樣的改變，以下哪一個解釋最類似於達爾文的物種適應理論？

- (A)在這一年內，兒童的大腦與智力持續有所發展。  
 (B)兒童對拼圖愈玩愈感興趣，也愈有動機去完成它。  
 (C)拼圖玩愈多次，完成它的速度會愈快。  
 (D)不喜歡玩拼圖的兒童會退出該研究計畫，剩下的都是喜歡玩拼圖的兒童。

學生作答情形如下表 4-1-19、圖 4-1-16 所示，78.3%的學生選擇了轉型論的 (A)(B)(C)選項；20.8%的學生選擇變異論的(D)選項。

※說明：(A)選項：成長類比。 (B)選項：意圖類比。

(C)選項：外力類比。 (D)選項：選擇類比。

表 4-1-19 適應題組第 5 題作答人數統計表

| 適應題組第 5 題 |     |       |       |       |
|-----------|-----|-------|-------|-------|
|           | 次數  | 百分比   | 有效百分比 | 累積百分比 |
| 有效的       | 轉型論 | 94    | 78.3  | 79.0  |
|           | 變異論 | 25    | 20.8  | 100.0 |
|           | 總和  | 119   | 99.2  | 100.0 |
| 未作答       | 1   | .8    |       |       |
| 總和        | 120 | 100.0 |       |       |

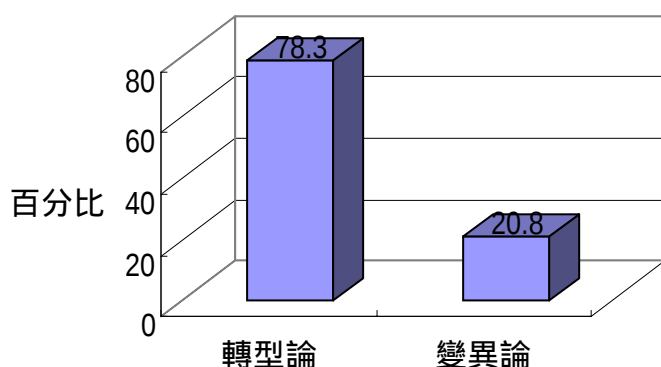


圖 4-1-16 適應題組第 5 題作答人數百分比統計圖

適應問題小結：

(一)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%。對照

表 4-1-20 及表 4-1-21 的資料可知，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。

表 4-1-20 適應問題描述性統計量表

| 統計量                 |       |
|---------------------|-------|
| TOTC1C5(適應問題 1~5 題) |       |
| 個數                  | 120   |
| 平均數                 | -2.98 |
| 標準差                 | 3.17  |
| 最小值                 | -5.00 |
| 最大值                 | 5.00  |

表 4-1-21 適應問題作答人數得分統計表

| TOTC1C5(適應問題 1~5 題) |       |     |       |       |       |
|---------------------|-------|-----|-------|-------|-------|
|                     | 次數    | 百分比 | 有效百分比 | 累積百分比 |       |
| 有效的                 | -5.00 | 68  | 56.7  | 56.7  | 56.7  |
|                     | -4.00 | 1   | .8    | .8    | 57.5  |
|                     | -3.00 | 26  | 21.7  | 21.7  | 79.2  |
|                     | -1.00 | 5   | 4.2   | 4.2   | 83.3  |
|                     | 1.00  | 5   | 4.2   | 4.2   | 87.5  |
|                     | 3.00  | 5   | 4.2   | 4.2   | 91.7  |
|                     | 5.00  | 10  | 8.3   | 8.3   | 100.0 |
|                     | 總和    | 120 | 100.0 | 100.0 |       |

(二)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)」，如表 4-1-22 所示。

表 4-1-22 三班(120 人)選項作答百分比統計表

| 選項之類比型式                 | 本體屬性                            | 勾選百分比 |
|-------------------------|---------------------------------|-------|
| 外力類比(force analogy)     | 直接的(direct)與相呼應的(corresponding) | 60.2% |
| 選擇類比(selection analogy) | 突現過程本體的屬性                       | 20.2% |
| 成長類比(growth analogy)    | 次團體或種類(subgroups or classes)    | 13.0% |
| 意圖類比(intention analogy) | 意圖的(intentional)                | 6.5%  |
| 遺漏值                     |                                 | 0.1%  |
| 總計                      |                                 | 100%  |

(三)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。

#### 四、「馴化(domestication)」問題

玉米是個人工馴化的農作物，數千年前中美洲墨西哥野生的玉蜀黍，其玉米粒又乾又少，現代的玉蜀黍，其玉米粒又飽滿又多。以下是六個可能與玉米馴化相關的因素，請你依相關性高低，由高至低排列：

- (a)同一代植物之間的相似性。
- (b)每株植物直接暴露在陽光下的平均時間。
- (c)人們決定何種玉米粒要被種植的偏好。
- (d)土地的肥沃情形。
- (e)每年的平均降雨量。
- (f)每一株玉米再被用來育種下一代的比例。

人類具有能力改變生物的演化，農場、寵物店及日常生活中的例子很多。轉型論者忽略了天擇（或人擇）在演化上所扮演的角色，認為這樣的改變，是人類對個體的所進行的操弄(manipulation)，而忽略了多代重複操弄的過程。因此轉型論者很可能會低估人類能夠改造、或是已經改造物種的實況。

轉型論者的推論，會重視(b)(d)(e)因素；而變異論者的推論，則重視(a)(c)(f)。(b)(d)(e)是直接影響植物個體、對後天性狀的改造；而(a)(c)(f)卻是影響物種（族群）、基因上的改造。

因此：

(一)將(b)(d)(e)列在第 4、5、6 順位者，為變異論者。

(二)將(b)(d)(e)列在第 1、2、3 順位者，為轉型論者。

玉米馴化相關因素排序題，在統計上是分成 3 題（第 1、2、3 題）：

第 1 題：觀察學生將(b)所排的順位。

第 2 題：觀察學生將(d)所排的順位。

第 3 題：觀察學生將(e)所排的順位。

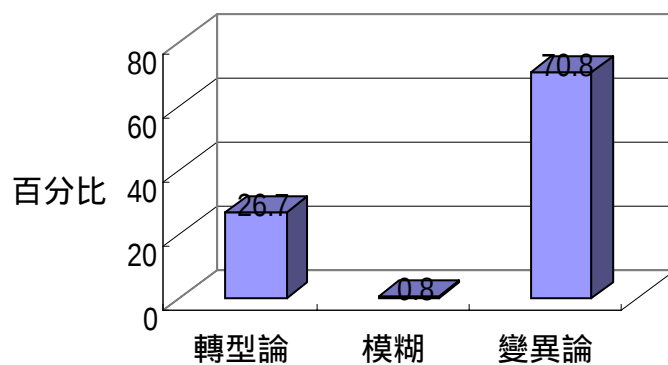
學生作答情形如下：

第 1 題：26.7%的學生將轉型論者所重視的「(b)每株植物直接暴露在陽光下的平均時間」列在第 1、2、3 順位。70.8 %的學生將(b)因素列在第 4、5、6 順位。

如表 4-1-23、圖 4-1-17 所示。

**表 4-1-23** 馴化題組第 1 題作答人數統計表

| 馴化題組第 1 題 |     |     |       |             |
|-----------|-----|-----|-------|-------------|
|           |     | 次數  | 百分比   | 有效百分比 累積百分比 |
| 有效的       | 轉型論 | 32  | 26.7  | 27.1        |
|           | 模糊  | 1   | .8    | .8          |
|           | 變異論 | 85  | 70.8  | 72.0        |
|           | 總和  | 118 | 98.3  | 100.0       |
| 未作答       |     | 2   | 1.7   |             |
| 總和        |     | 120 | 100.0 |             |



**圖 4-1-17** 馴化題組第 1 題作答人數百分比統計圖

第 2 題：35.8%的學生將轉型論者所重視的「(d)土地的肥沃情形」列在第 1、2、3 順位。63.3 %的學生將(b)因素列在第 4、5、6 順位。如表 4-1-24、圖 4-1-18 所示。

**表 4-1-24** 馴化題組第 2 題作答人數統計表

| 馴化題組第 2 題 |     |     |       |             |
|-----------|-----|-----|-------|-------------|
|           |     | 次數  | 百分比   | 有效百分比 累積百分比 |
| 有效的       | 轉型論 | 43  | 35.8  | 36.1        |
|           | 變異論 | 76  | 63.3  | 63.9        |
|           | 總和  | 119 | 99.2  | 100.0       |
| 未作答       |     | 1   | .8    |             |
| 總和        |     | 120 | 100.0 |             |

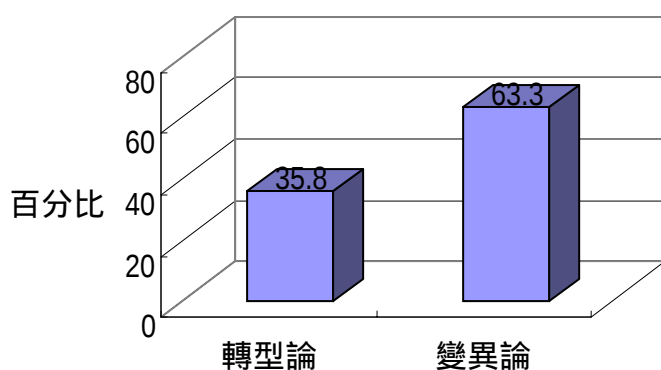


圖 4-1-18 馴化題組第 2 題作答人數百分比統計圖

第 3 題：35% 的學生將轉型論者所重視的「每一株玉米再被用來育種下一代的比例」列在第 1、2、3 順位。63.3 % 的學生將(b)因素列在第 4、5、6 順位。如表 4-1-25、圖 4-1-19 所示。

表 4-1-25 馴化題組第 3 題作答人數統計表

| 馴化題組第 3 題 |     |     |       |       |       |
|-----------|-----|-----|-------|-------|-------|
|           |     | 次數  | 百分比   | 有效百分比 | 累積百分比 |
| 有效的       | 轉型論 | 42  | 35.0  | 35.6  | 35.6  |
|           | 變異論 | 76  | 63.3  | 64.4  | 100.0 |
|           | 總和  | 118 | 98.3  | 100.0 |       |
| 未作答       |     | 2   | 1.7   |       |       |
| 總和        |     | 120 | 100.0 |       |       |

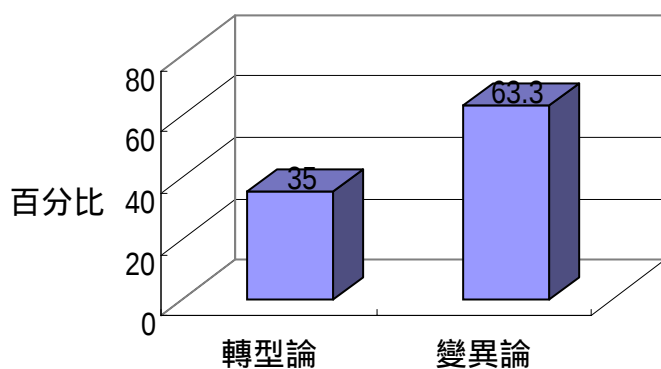


圖 4-1-19 馴化題組第 3 題作答人數百分比統計圖

4.玉米有可能再改變回幾千年前原來的老樣子嗎？

(A)可能，人們可以挑選長得像古老墨西哥玉米的玉米來育種。

(B)不可能，馴化的過程中，已移除了古老墨西哥玉米不討喜的性狀。

(C)不可能，馴化是不會反轉回頭的。

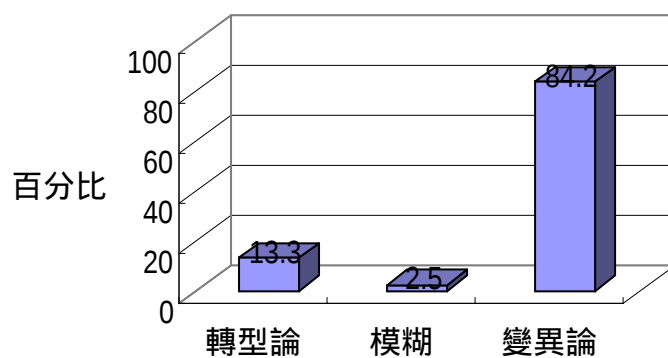
(D)不可能，馴化是永久性的。

(E)其他：(請將理由寫出來) \_\_\_\_\_

學生作答情形如下表 4-1-26、圖 4-1-20 所示，13.3%的學生選擇了轉型論的 (C)(D)選項；84.2 %的學生選擇變異論的(A)(B)選項。

**表 4-1-26** 馴化題組第 4 題作答人數統計表

| 馴化題組第 4 題 |     |     |       |       |       |
|-----------|-----|-----|-------|-------|-------|
|           |     | 次數  | 百分比   | 有效百分比 | 累積百分比 |
| 有效的       | 轉型論 | 16  | 13.3  | 13.3  | 13.3  |
|           | 模糊  | 3   | 2.5   | 2.5   | 15.8  |
|           | 變異論 | 101 | 84.2  | 84.2  | 100.0 |
|           | 總和  | 120 | 100.0 | 100.0 |       |



**圖 4-1-20** 馴化題組第 4 題作答人數百分比統計圖

5.以下有(甲)(乙)(丙)三個選項，請你挑選出其中一個與另外二個最格格不入的選項並說明理由：

\* (甲)玉米能被挑選而育種出紫色的玉米。

\* (乙)玉米能因基因工程而種出紫色的玉米。

\* (丙)玉米會由於特殊的土壤而長出紫色的玉米。

(A)我挑選(丙)，理由是：因為這是唯一沒有改造玉米基因的方法。

(B)我挑選(丙)，理由是：因為這種方法長出的玉米是最自然的。

(C)我挑選(丙)，理由是：因為這種方法並不會長出紫色的玉米。

(D)我挑選(乙)，理由是：因為這是唯一可以改造玉米基因的方法。

(E)我挑選(乙)，理由是：因為這種方法長出的玉米是最不自然的。

(F)其他：(請將理由寫出來) \_\_\_\_\_

學生作答情形如下表 4-1-27、圖 4-1-21 所示，35%的學生選擇了轉型論的(B)(D)(E)選項；58.3%的學生選擇變異論的(A)(C)選項。其中有 6 位學生（佔全體學生的 5%）勾選了兩個分別為變異論與轉型論的答案，而歸為模糊者。

表 4-1-27 馴化題組第 5 題作答人數統計表

| 馴化題組第 5 題 |     |     |       |       |       |
|-----------|-----|-----|-------|-------|-------|
|           |     | 次數  | 百分比   | 有效百分比 | 累積百分比 |
| 有效的       | 轉型論 | 42  | 35.0  | 35.6  | 35.6  |
|           | 模糊  | 6   | 5.0   | 5.1   | 40.7  |
|           | 變異論 | 70  | 58.3  | 59.3  | 100.0 |
|           | 總和  | 118 | 98.3  | 100.0 |       |
| 未作答       |     | 2   | 1.7   |       |       |
| 總和        |     | 120 | 100.0 |       |       |

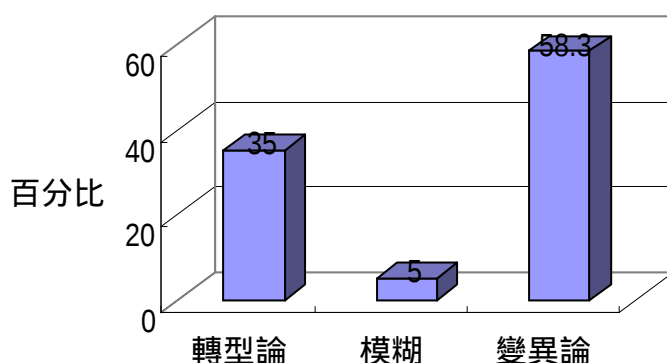


圖 4-1-21 馴化題組第 5 題作答人數百分比統計圖

## 馴化問題小結：

在玉米排序問題上，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）。如表 4-1-29 所示。

學生在本題組第 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。

**表 4-1-28** 玉米排序題描述性統計量表

| 統計量                     |     |       |
|-------------------------|-----|-------|
| TOTD1D3(玉米問題 1~3 題；排序題) |     |       |
| 個數                      | 有效的 | 119   |
|                         | 未作答 | 1     |
| 平均數                     |     | 1.01  |
| 標準差                     |     | 1.84  |
| 最小值                     |     | -3.00 |
| 最大值                     |     | 3.00  |

**表 4-1-29** 玉米排序題作答人數得分統計表

| TOTD1D3(玉米問題 1~3 題；排序題) |       |     |       |       |       |
|-------------------------|-------|-----|-------|-------|-------|
|                         | 次數    | 百分比 | 有效百分比 | 累積百分比 |       |
| 有效的                     | -3.00 | 7   | 5.8   | 5.9   | 5.9   |
|                         | -1.00 | 29  | 24.2  | 24.4  | 30.3  |
|                         | 1.00  | 39  | 32.5  | 32.8  | 63.0  |
|                         | 2.00  | 1   | .8    | .8    | 63.9  |
|                         | 3.00  | 43  | 35.8  | 36.1  | 100.0 |
|                         | 總和    | 119 | 99.2  | 100.0 |       |
| 未作答                     |       | 1   | .8    |       |       |
| 總和                      |       | 120 | 100.0 |       |       |

## 五、「種化」問題

1. 「大象、猴子、老虎、斑馬、長頸鹿、鯨魚」這六種生物，你的想法是：
- (A)這六種生物具有共同的祖先
- (B)這六種生物不具有共同的祖先
- (C)其他：(請將理由寫出來) \_\_\_\_\_

變異論者認為，當長期地理隔離或無法隨機交配時 (gene flow 受阻)，可能會造成物種在不同次團體間基因之歧異，以致於不同次團體之間無法產生可孕性的後代；轉型論者始終認為，相同的物種具有相同的本質，因此無法以生殖隔離 (reproductive isolation) 來解釋種化，而代之以系統發生 (cladogenesis)、分支演化 (branching evolution)、前進性演化 (anagenesis)、線性演化 (linear evolution) 的例子來做解釋，因而視黑猩猩為人類的親代物種 (parent species)，而非姐妹物種 (sister species) (Shtulman, 2006)。並否定形態上 (morphological) 明顯不同的物種會擁有共同的祖先 (Poling & Evans, 2004b；引自 Shtulman, 2006)。

第 1 題主要在探討學生對於所謂共同祖先的想法。學生作答情形如下表

4-1-30、圖 4-1-22 所示，24.2% 的學生選擇了轉型論的 (B) 選項；73.3% 的學生選擇變異論的 (A) 選項。

**表 4-1-30 種化題組第 1 題作答人數統計表**

| 種化題組第 1 題 |     |     |       |       |       |
|-----------|-----|-----|-------|-------|-------|
|           |     | 次數  | 百分比   | 有效百分比 | 累積百分比 |
| 有效的       | 轉型論 | 29  | 24.2  | 24.4  | 24.4  |
|           | 模糊  | 2   | 1.7   | 1.7   | 26.1  |
|           | 變異論 | 88  | 73.3  | 73.9  | 100.0 |
|           | 總和  | 119 | 99.2  | 100.0 |       |
| 未作答       |     | 1   | .8    |       |       |
| 總和        |     | 120 | 100.0 |       |       |

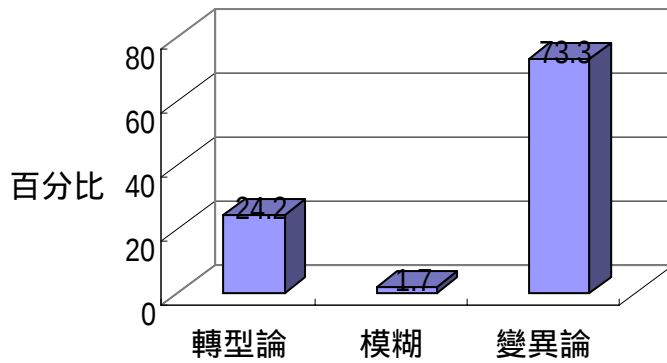
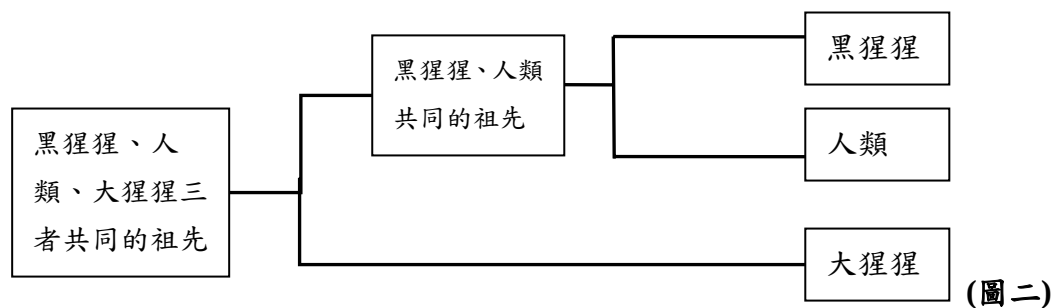


圖 4-1-22 種化題組第 1 題作答人數百分比統計圖

2. 假設人類、黑猩猩、大猩猩的族譜如下圖二。



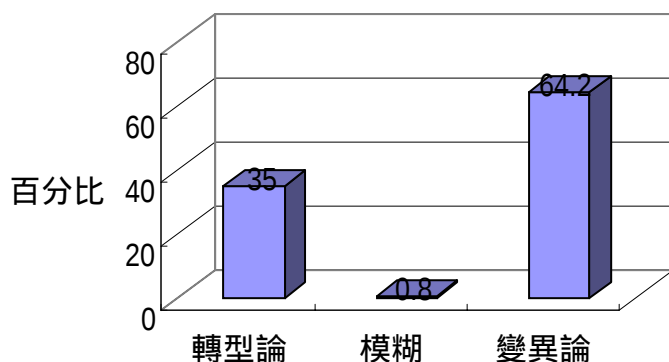
由圖二可知「黑猩猩」和「人類」具有共同的祖先。你覺得這兩者之中，哪一個會和它們共同的祖先較為相像？

- (A) 黑猩猩。因為黑猩猩進化的程度不如人類。
- (B) 黑猩猩。因為兩者在演化上分道揚鑣後，只有人類仍持續地在演化。
- (C) 人類。因為黑猩猩是後來再由最不像人的早期原始人所演化出來的。
- (D) 無法比較。因為我們不知道它們兩者保留了多少「共同的祖先」的性狀。
- (E) 無法比較。因為它們兩者為了回應各自天擇的壓力，而都各自有所改變。
- (F) 無法比較。因為兩者在演化上分道揚鑣後，兩者都持續地在演化。
- (G) 其他：(請將理由寫出來) \_\_\_\_\_

學生作答情形如下表 4-1-31、圖 4-1-23 所示，35% 的學生選擇了轉型論的 (A)(B)(C) 選項；64.2% 的學生選擇變異論的 (D)(E)(F) 選項。有 2 位同學選擇 (G) 其他，理由寫：黑猩猩，因為和大猩猩像。以及：黑猩猩，因為演化較慢。似乎顯示是由明顯的外觀形態上來判斷答案，即便題目已提供分支樹做為參考。

**表 4-1-31 種化題組第 2 題作答人數統計表**

| 種化題組第 2 題 |     |     |       |       |       |
|-----------|-----|-----|-------|-------|-------|
|           |     | 次數  | 百分比   | 有效百分比 | 累積百分比 |
| 有效的       | 轉型論 | 42  | 35.0  | 35.0  | 35.0  |
|           | 模糊  | 1   | .8    | .8    | 35.8  |
|           | 變異論 | 77  | 64.2  | 64.2  | 100.0 |
|           | 總和  | 120 | 100.0 | 100.0 |       |



**圖 4-1-23 種化題組第 2 題作答人數百分比統計圖**

3. 「人類」和「大猩猩」，哪一個會和上一題「黑猩猩和人類共同的祖先」較為相像？

- (A)人類。因為人類是那個「共同的祖先」的直系後代，大猩猩則不是。  
 (B)人類。因為在演化上，人類和大猩猩分道揚鑣的時間早於人類和黑猩猩分道揚鑣的時間。  
 (C)人類。因為大猩猩進化的程度不如人類。  
 (D)大猩猩。因為大猩猩進化的程度不如人類。  
 (E)無法比較。因為兩者都是從靈長類演化而來的。  
 (F)其他：(請將理由寫出來) \_\_\_\_\_

學生作答情形如下表 4-1-32、圖 4-1-24 所示，60.8%的學生選擇了轉型論的 (C) (D)(E)選項；39.2%的學生選擇變異論的(A)(B)選項。

**表 4-1-32 種化題組第 3 題作答人數統計表**

| 種化題組第 3 題 |     |     |       |       |       |
|-----------|-----|-----|-------|-------|-------|
|           |     | 次數  | 百分比   | 有效百分比 | 累積百分比 |
| 有效的       | 轉型論 | 73  | 60.8  | 60.8  | 60.8  |
|           | 變異論 | 47  | 39.2  | 39.2  | 100.0 |
|           | 總和  | 120 | 100.0 | 100.0 |       |

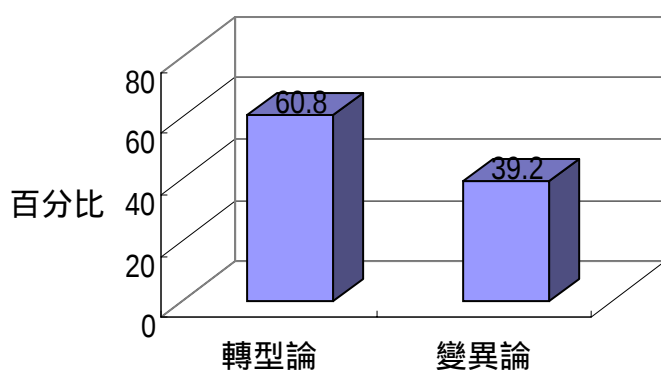


圖 4-1-24 種化題組第 3 題作答人數百分比統計圖

4.如果大猩猩繼續演化下去，將會變成....

- (A)會和人類更相像。因為大猩猩最終會演化成人類。
- (B)會和人類更相像。因為人類目前的性狀是較有利於生存的。
- (C)會和人類更不相像。因為人類和大猩猩的生存環境並不同。
- (D)會和人類更不相像。因為大猩猩是依循著不同的演化路徑。
- (E)無法確定。將視其生存的環境而改變。
- (F)無法確定。演化是隨機的。
- (G)其他：(請將理由寫出來) \_\_\_\_\_

學生作答情形如下表 4-1-33、圖 4-1-25 所示，39.2%的學生選擇了轉型論的 (A)(B)(D)(F)選項；58.3%的學生選擇變異論的(C)(E)選項。

表 4-1-33 種化題組第 4 題作答人數統計表

| 種化題組第 4 題 |     |     |       |       |       |
|-----------|-----|-----|-------|-------|-------|
|           |     | 次數  | 百分比   | 有效百分比 | 累積百分比 |
| 有效的       | 轉型論 | 47  | 39.2  | 39.2  | 39.2  |
|           | 模糊  | 3   | 2.5   | 2.5   | 41.7  |
|           | 變異論 | 70  | 58.3  | 58.3  | 100.0 |
|           | 總和  | 120 | 100.0 | 100.0 |       |

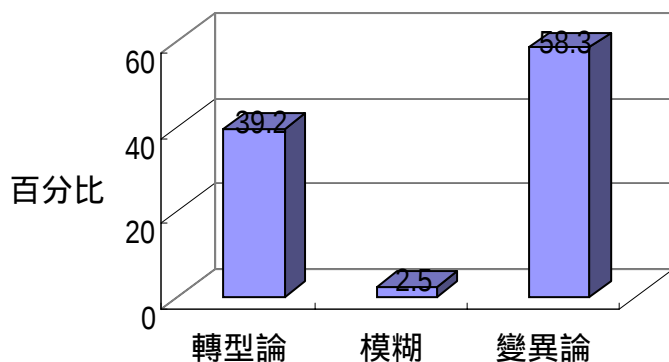


圖 4-1-25 種化題組第 4 題作答人數百分比統計圖

5.如果大猩猩和人類能自然交配，並產生健康、具有繁殖能力的後代，則它們應視為「不同物種」或「相同物種」？

- (A)「不同物種」。因為兩者具有形態上的歧異。  
 (B)「相同物種」。因為雜交混血的結果將逐漸消除形態上的歧異。  
 (C)「相同物種」。因為並沒有生殖隔離。  
 (D)「相同物種」。因為兩者都屬於靈長類。  
 (E)其他：(請將理由寫出來)

學生作答情形如表 4-1-34、圖 4-1-26 所示，25.8%的學生選擇了轉型論的(A)(D)選項；72.5%的學生選擇變異論的(B)(C)選項。

表 4-1-34 種化題組第 5 題作答人數統計表

| 種化題組第 5 題 |     |     |       |       |       |
|-----------|-----|-----|-------|-------|-------|
|           |     | 次數  | 百分比   | 有效百分比 | 累積百分比 |
| 有效的       | 轉型論 | 31  | 25.8  | 25.8  | 25.8  |
|           | 模糊  | 2   | 1.7   | 1.7   | 27.5  |
|           | 變異論 | 87  | 72.5  | 72.5  | 100.0 |
| 總和        |     | 120 | 100.0 | 100.0 |       |

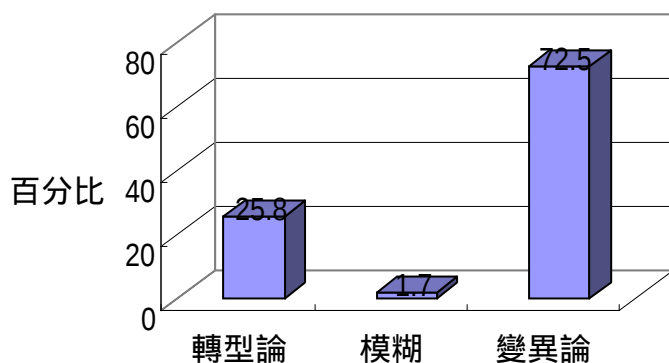


圖 4-1-26 種化題組第 5 題作答人數百分比統計圖

**表 4-1-35 種化問題描述性統計量表**

| 統計量                 |       |
|---------------------|-------|
| TOTE1E5(種化問題 1~5 題) |       |
| 個數                  | 120   |
| 平均數                 | 1.23  |
| 標準差                 | 2.38  |
| 最小值                 | -5.00 |
| 最大值                 | 5.00  |

**表 4-1-36 種化問題作答人數得分統計表**

| TOTE1E5(種化問題 1~5 題) |       |     |       |       |       |
|---------------------|-------|-----|-------|-------|-------|
|                     | 次數    | 百分比 | 有效百分比 | 累積百分比 |       |
| 有效的                 | -5.00 | 2   | 1.7   | 1.7   | 1.7   |
|                     | -3.00 | 9   | 7.5   | 7.5   | 9.2   |
|                     | -2.00 | 2   | 1.7   | 1.7   | 10.8  |
|                     | -1.00 | 21  | 17.5  | 17.5  | 28.3  |
|                     | .00   | 2   | 1.7   | 1.7   | 30.0  |
|                     | 1.00  | 34  | 28.3  | 28.3  | 58.3  |
|                     | 2.00  | 3   | 2.5   | 2.5   | 60.8  |
|                     | 3.00  | 33  | 27.5  | 27.5  | 88.3  |
|                     | 5.00  | 14  | 11.7  | 11.7  | 100.0 |
|                     | 總和    | 120 | 100.0 | 100.0 |       |

### 種化問題小結：

(一)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。

(二)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 題會有較多的變異論答題反應，然而在相關的 2、3、4 題則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。

## 六、「滅絕」問題

1. 「已經滅絕的細菌物種數目」，比起「現存的細菌物種數目」，會是……
- (A)較多。因為細菌已存在數十億年了。
- (B)較多。因為滅絕比適應更容易發生。
- (C)較少。因為物種在滅絕前都已產生許多新的物種。
- (D)較少。因為物種通常都會進行適應。
- (E)無法判定。因為演化是隨機的。
- (F)其他：(請將理由寫出來) \_\_\_\_\_

滅絕可依死亡速率快過出生速率的程度來排成連續的序列，序列的兩個端點分別是大滅絕(mass extinction)與背景滅絕(background extinction)。大滅絕指因為環境的急遽變化造成物種的成員同時大量死亡；背景滅絕指該物種的成員歷經多代的緩慢減少。變異論者認為背景滅絕是天擇的一種極端情形，此時天擇壓力戰勝了種內變異，而終究導致物種滅絕；轉型論者認為物種能夠去適應其環境，因而轉型論者通常會忽略滅絕的存在，尤其是會忽略背景滅絕的存在。

本大題在測試學生是否注意到滅絕的存在，及對滅絕的頻率(frequency)與起因(cause)的了解。

學生作答情形如表 4-1-37、圖 4-1-27 所示，51.7%的學生選擇了轉型論的(C)(D)(E)選項；43.3%的學生選擇變異論的(A)(B)選項。

表 4-1-37 滅絕題組第 1 題作答人數統計表

| 滅絕問題第 1 題 |     |     |       |       |       |
|-----------|-----|-----|-------|-------|-------|
|           |     | 次數  | 百分比   | 有效百分比 | 累積百分比 |
| 有效的       | 轉型論 | 62  | 51.7  | 51.7  | 51.7  |
|           | 模糊  | 6   | 5.0   | 5.0   | 56.7  |
|           | 變異論 | 52  | 43.3  | 43.3  | 100.0 |
|           | 總和  | 120 | 100.0 | 100.0 |       |

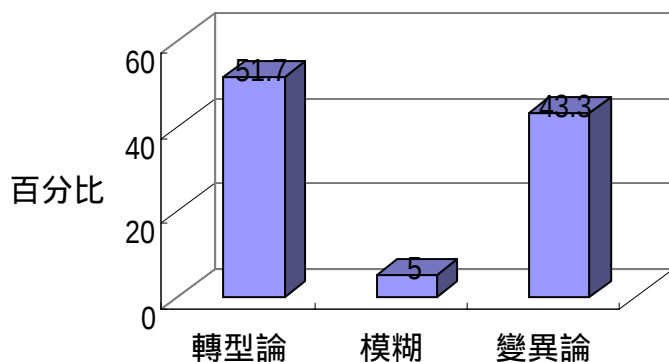


圖 4-1-27 滅絕題組第 1 題作答人數百分比統計圖

2. 「一千萬年前當時的細菌物種數目」，比起「現存的細菌物種數目」，會是……
- (A)較多。因為現在人類會消滅大部份的細菌。
- (B)較少。因為新的細菌物種會出現。
- (C)無法判定。因為滅絕隨環境的資源而決定。
- (D)無法判定。不過，通常滅絕的細菌所空出來的生態地位會被新的細菌所遞補。
- (E)其他：(請將理由寫出來) \_\_\_\_\_

學生作答情形如表 4-1-38、圖 4-1-28 所示，44.2%的學生選擇了轉型論的 (A)(B)選項；55%的學生選擇變異論的 (C)(D)選項。

表 4-1-38 滅絕題組第 2 題作答人數統計表

| 滅絕問題第 2 題 |     |     |       |       |       |
|-----------|-----|-----|-------|-------|-------|
|           |     | 次數  | 百分比   | 有效百分比 | 累積百分比 |
| 有效的       | 轉型論 | 53  | 44.2  | 44.2  | 44.2  |
|           | 模糊  | 1   | .8    | .8    | 45.0  |
|           | 變異論 | 66  | 55.0  | 55.0  | 100.0 |
|           | 總和  | 120 | 100.0 | 100.0 |       |

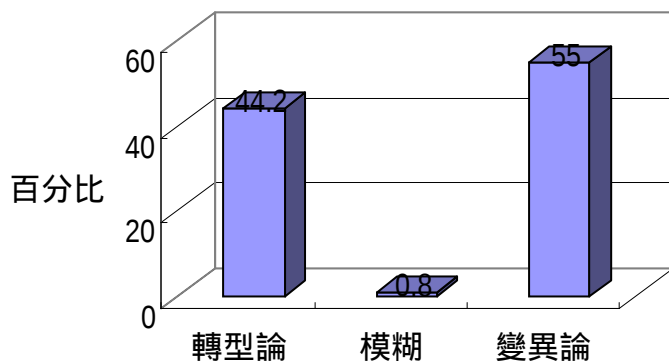
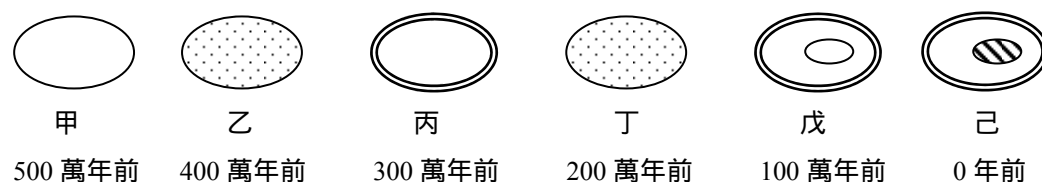


圖 4-1-28 滅絕題組第 2 題作答人數百分比統計圖

3. 假設科學家蒐集到六個細菌的標本，如下圖三，它們的年代分別標示在旁邊。其中的「己」是現存的物種，並且確定是「甲」的後裔。請你以箭號或線條由左至右重新排出它們正確的族譜出來。（你可以參考前面「黑猩猩、人類、大猩猩的族譜」重新繪圖在下方空白處，或想辦法直接在圖三上標示出來）



(圖三)

(一) 轉型論者只會考慮到生存系譜(surviving lineage)，而變異論者則會考慮到滅絕系譜(extinct lineage)。細菌滅絕繪圖題在統計上是分成 3 題（第 3、4、5 題），藉由學生的畫法或標示法來判斷其為變異論者或轉型論者：

第 3 題：如果丙不是甲的最直接後代，則為轉型論者。

如果丙是甲的最直接後代，則為變異論者。

第 4 題：如果己不是戊的最直接後代，則為轉型論者。

如果己是戊的最直接後代，則為變異論者。

第 5 題：如果丁不是乙的最直接後代，則為轉型論者。

如果丁是乙的最直接後代，則為變異論者。

(二) 學生作答情形如下：

第 3 題：20% 的學生為轉型論的想法，認為丙不是甲的最直接後代；75% 的學生

為變異論的想法，認為丙是甲的最直接後代。如表 4-1-39、圖 4-1-29

所示。

表 4-1-39 滅絕題組第 3 題作答人數統計表

| 滅絕問題第 3 題 |     |     |       |       |       |
|-----------|-----|-----|-------|-------|-------|
|           |     | 次數  | 百分比   | 有效百分比 | 累積百分比 |
| 有效的       | 轉型論 | 24  | 20.0  | 21.1  | 21.1  |
|           | 變異論 | 90  | 75.0  | 78.9  | 100.0 |
|           | 總和  | 114 | 95.0  | 100.0 |       |
| 未作答       |     | 6   | 5.0   |       |       |
| 總和        |     | 120 | 100.0 |       |       |

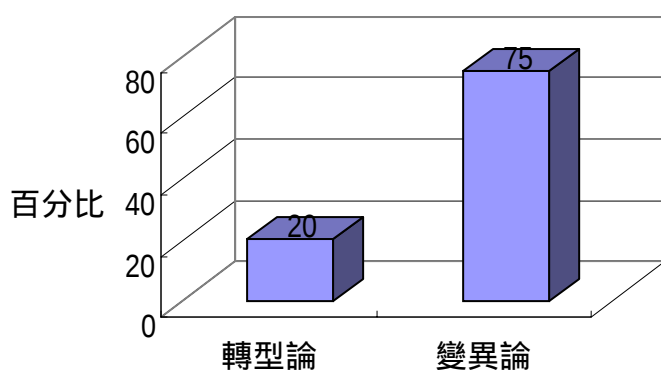


圖 4-1-29 滅絕題組第 3 題作答人數百分比統計圖

第 4 題：25.8%的學生為轉型論的想法，認為己不是戊的最直接後代；69.2%的學生為變異論的想法，認為己是戊的最直接後代。如表 4-1-40、圖 4-1-30 所示。

表 4-1-40 滅絕題組第 4 題作答人數統計表

| 滅絕問題第 4 題 |     |     |       |       |       |
|-----------|-----|-----|-------|-------|-------|
|           |     | 次數  | 百分比   | 有效百分比 | 累積百分比 |
| 有效的       | 轉型論 | 31  | 25.8  | 27.2  | 27.2  |
|           | 變異論 | 83  | 69.2  | 72.8  | 100.0 |
|           | 總和  | 114 | 95.0  | 100.0 |       |
| 未作答       |     | 6   | 5.0   |       |       |
| 總和        |     | 120 | 100.0 |       |       |

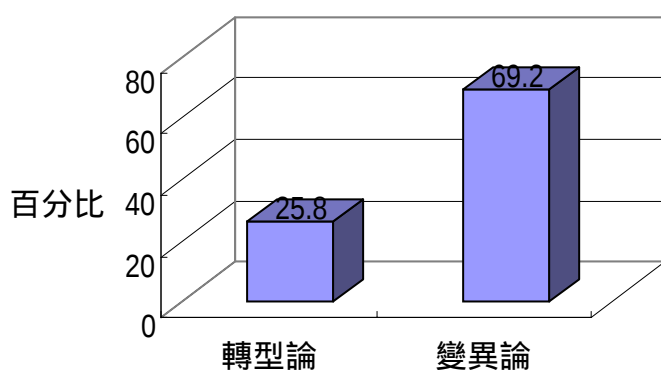
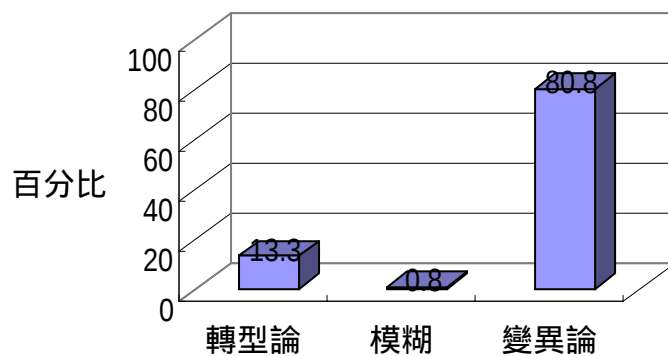


圖 4-1-30 滅絕題組第 4 題作答人數百分比統計圖

第 5 題：13.3%的學生為轉型論的想法，認為丁不是乙的最直接後代；80.8%的學生為變異論的想法，認為丁是乙的最直接後代。如表 4-1-41、圖 4-1-31 所示。

**表 4-1-41** 滅絕題組第 5 題作答人數統計表

| 滅絕問題第 5 題 |     |       |       |       |
|-----------|-----|-------|-------|-------|
|           | 次數  | 百分比   | 有效百分比 | 累積百分比 |
| 有效的       | 轉型論 | 16    | 13.3  | 14.0  |
|           | 模糊  | 1     | .8    | 14.9  |
|           | 變異論 | 97    | 80.8  | 100.0 |
|           | 總和  | 114   | 95.0  | 100.0 |
| 未作答       | 6   | 5.0   |       |       |
| 總和        | 120 | 100.0 |       |       |



**圖 4-1-31** 滅絕題組第 5 題作答人數百分比統計圖

**表 4-1-42** 滅絕問題作答人數得分統計表

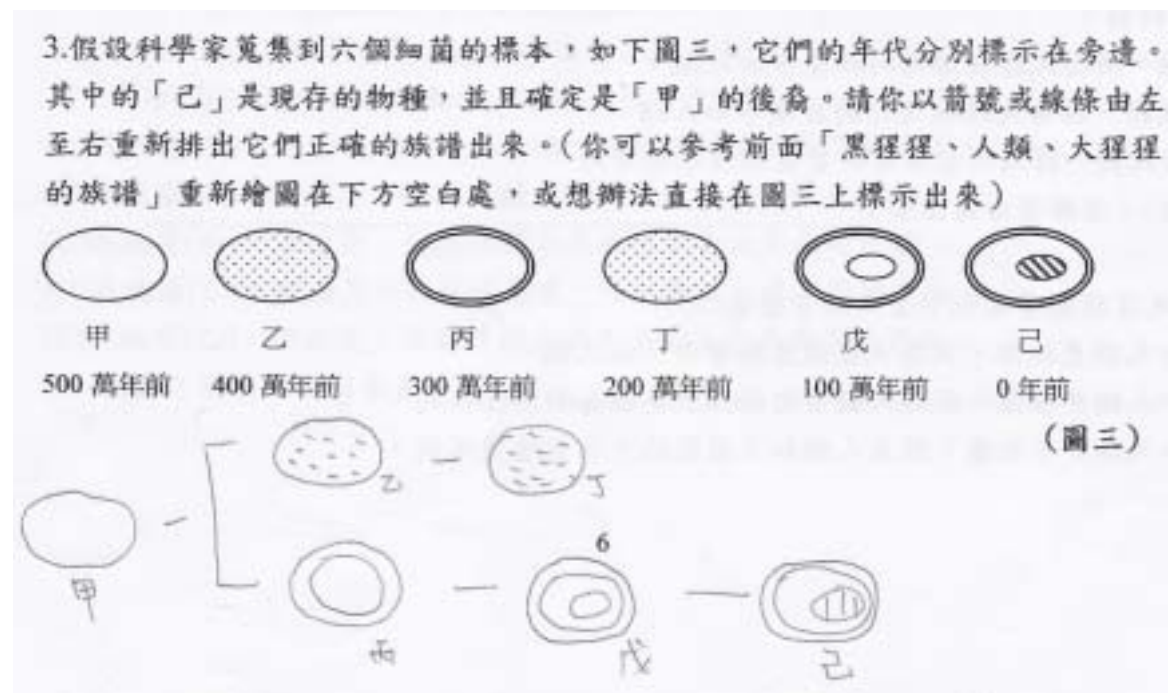
| TOTF1F5(滅絕問題 1~5 題) |       |     |       |       |
|---------------------|-------|-----|-------|-------|
|                     | 次數    | 百分比 | 有效百分比 | 累積百分比 |
| 有效的                 | -3.00 | 9   | 7.5   | 7.5   |
|                     | -1.00 | 14  | 11.7  | 19.2  |
|                     | .00   | 3   | 2.5   | 21.7  |
|                     | 1.00  | 33  | 27.5  | 49.2  |
|                     | 2.00  | 7   | 5.8   | 55.0  |
|                     | 3.00  | 36  | 30.0  | 85.0  |
|                     | 4.00  | 2   | 1.7   | 86.7  |
|                     | 5.00  | 16  | 13.3  | 100.0 |
|                     | 總和    | 120 | 100.0 |       |

**表 4-1-43 滅絕問題描述性統計量表**

| 統計量                 |       |
|---------------------|-------|
| TOTF1F5(滅絕問題 1~5 題) |       |
| 個數                  | 120   |
| 平均數                 | 1.68  |
| 標準差                 | 2.19  |
| 最小值                 | -3.00 |
| 最大值                 | 5.00  |

### 滅絕問題小結：

整體而言，全體學生在滅絕問題的表現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)。



**圖 4-1-32 細菌滅絕繪圖題學生作答原案**

## 七、整體問卷表現

### (一)描述性統計：

1. 本問卷共計 30 題，每題勾選變異論選項者得+1 分，轉型論選項者得-1 分，是故最高可能得分+30，最低可能得分-30。
2. 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）。就全體學生在整份問卷的表現而言，顯示具有較多的變異論心智模式傾向。**圖 4-1-33、表 4-1-45、表 4-1-47。**

(二)比較每位學生在六個題組的反應：以 SPSS 進行相依樣本變異數分析(重複量數)(Repeated-measures ANOVA)及事後比較(post hoc)(LSD 法)得知，學生在變異題組(總分平均：3.308)有最大的變異論作答反應，而在適應題組(總分平均：-2.975)有最大的轉型論作答反應。如**表 4-1-44、表 4-1-46** 所示。

以SPSS進行描述性統計之結果，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。

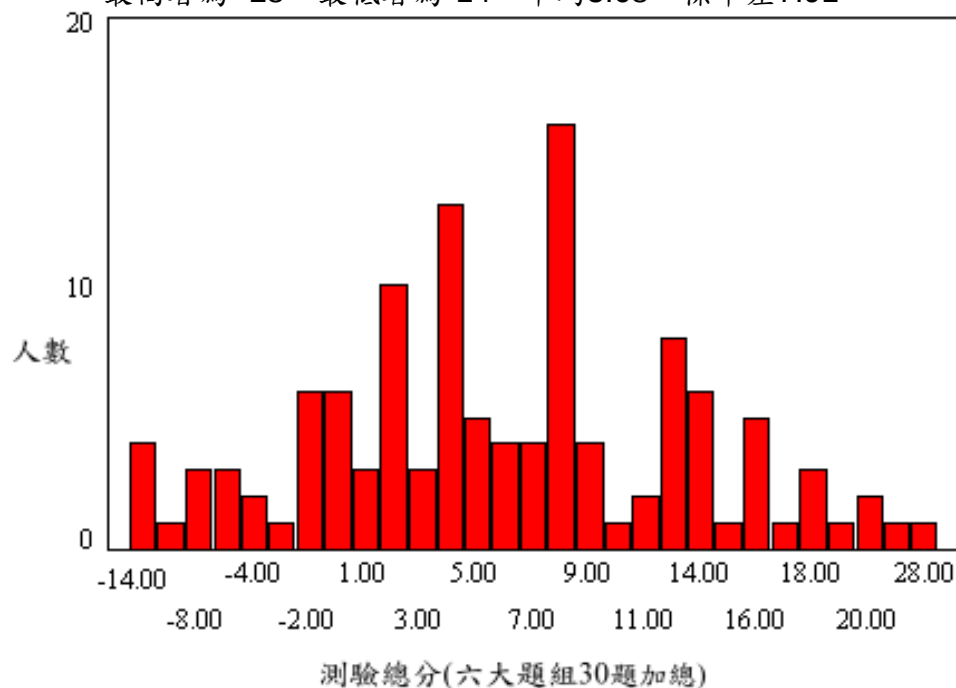


圖 4-1-33 生物演化問卷總得分圖

表 4-1-44 生物演化概念問卷六大問題組得分統計表

| 生物演化概念問卷六大問題組得分統計表 |           |       |      |      |     |
|--------------------|-----------|-------|------|------|-----|
|                    | 個數(不含未作答) | 最小值   | 最大值  | 平均數  | 標準差 |
| 變異題組第 1 題          | 111       | -1.00 | 1.00 | .84  | .55 |
| 變異題組第 2 題          | 118       | -1.00 | 1.00 | .64  | .77 |
| 變異題組第 3 題          | 118       | -1.00 | 1.00 | .64  | .77 |
| 變異題組第 4 題          | 118       | -1.00 | 1.00 | .64  | .77 |
| 變異題組第 5 題          | 118       | -1.00 | 1.00 | .64  | .77 |
| 遺傳題組第 1 題          | 119       | -1.00 | 1.00 | -.17 | .99 |
| 遺傳題組第 2 題          | 119       | -1.00 | 1.00 | .91  | .41 |
| 遺傳題組第 3 題          | 120       | -1.00 | 1.00 | -.23 | .97 |
| 遺傳題組第 4 題          | 119       | -1.00 | 1.00 | .25  | .97 |
| 遺傳題組第 5 題          | 117       | -1.00 | 1.00 | -.26 | .96 |
| 適應題組第 1 題          | 120       | -1.00 | 1.00 | -.67 | .75 |
| 適應題組第 2 題          | 120       | -1.00 | 1.00 | -.73 | .68 |
| 適應題組第 3 題          | 120       | -1.00 | 1.00 | -.35 | .94 |
| 適應題組第 4 題          | 120       | -1.00 | 1.00 | -.65 | .76 |
| 適應題組第 5 題          | 119       | -1.00 | 1.00 | -.58 | .82 |
| 馴化題組第 1 題          | 118       | -1.00 | 1.00 | .45  | .89 |
| 馴化題組第 2 題          | 119       | -1.00 | 1.00 | .28  | .96 |
| 馴化題組第 3 題          | 118       | -1.00 | 1.00 | .29  | .96 |
| 馴化題組第 4 題          | 120       | -1.00 | 1.00 | .71  | .69 |
| 馴化題組第 5 題          | 118       | -1.00 | 1.00 | .24  | .95 |
| 種化題組第 1 題          | 119       | -1.00 | 1.00 | .50  | .86 |
| 種化題組第 2 題          | 120       | -1.00 | 1.00 | .29  | .96 |
| 種化題組第 3 題          | 120       | -1.00 | 1.00 | -.22 | .98 |
| 種化題組第 4 題          | 120       | -1.00 | 1.00 | .19  | .97 |
| 種化題組第 5 題          | 120       | -1.00 | 1.00 | .47  | .88 |
| 滅絕問題第 1 題          | 120       | -1.00 | 1.00 | -.08 | .98 |
| 滅絕問題第 2 題          | 120       | -1.00 | 1.00 | .11  | .99 |
| 滅絕問題第 3 題          | 114       | -1.00 | 1.00 | .58  | .82 |
| 滅絕問題第 4 題          | 114       | -1.00 | 1.00 | .46  | .89 |
| 滅絕問題第 5 題          | 114       | -1.00 | 1.00 | .71  | .70 |

表 4-1-45 生物演化概念問卷測驗總分統計表

生物演化概念問卷測驗總分統計表

| 測驗總分   | 次數    | 百分比   | 累積百分比 |
|--------|-------|-------|-------|
| -14.00 | 4     | 3.3   | 3.3   |
| -11.00 | 1     | .8    | 4.2   |
| -8.00  | 3     | 2.5   | 6.7   |
| -6.00  | 3     | 2.5   | 9.2   |
| -4.00  | 2     | 1.7   | 10.8  |
| -3.00  | 1     | .8    | 11.7  |
| -2.00  | 6     | 5.0   | 16.7  |
| .00    | 6     | 5.0   | 21.7  |
| 1.00   | 3     | 2.5   | 24.2  |
| 2.00   | 10    | 8.3   | 32.5  |
| 3.00   | 3     | 2.5   | 35.0  |
| 4.00   | 13    | 10.8  | 45.8  |
| 5.00   | 5     | 4.2   | 50.0  |
| 6.00   | 4     | 3.3   | 53.3  |
| 7.00   | 4     | 3.3   | 56.7  |
| 8.00   | 16    | 13.3  | 70.0  |
| 9.00   | 4     | 3.3   | 73.3  |
| 10.00  | 1     | .8    | 74.2  |
| 11.00  | 2     | 1.7   | 75.8  |
| 12.00  | 8     | 6.7   | 82.5  |
| 14.00  | 6     | 5.0   | 87.5  |
| 15.00  | 1     | .8    | 88.3  |
| 16.00  | 5     | 4.2   | 92.5  |
| 17.00  | 1     | .8    | 93.3  |
| 18.00  | 3     | 2.5   | 95.8  |
| 19.00  | 1     | .8    | 96.7  |
| 20.00  | 2     | 1.7   | 98.3  |
| 24.00  | 1     | .8    | 99.2  |
| 28.00  | 1     | .8    | 100.0 |
| 總和     | 120 人 | 100.0 |       |

表 4-1-46 六大題組敘述統計表(一)

| 敘述統計 |       |      |     |
|------|-------|------|-----|
|      | 平均數   | 標準差  | 個數  |
| 1 變異 | 3.31  | 3.14 | 120 |
| 2 遺傳 | .50   | 2.15 | 120 |
| 3 適應 | -2.98 | 3.17 | 120 |
| 4 馴化 | 1.94  | 2.17 | 120 |
| 5 種化 | 1.23  | 2.38 | 120 |
| 6 滅絕 | 1.68  | 2.19 | 120 |

表 4-1-47 六大題組敘述統計表(二)

| 敘述統計       |          |         |         |      |      |
|------------|----------|---------|---------|------|------|
|            | 個數(學生人數) | 最小值(分數) | 最大值(分數) | 平均數  | 標準差  |
| 六大題組(30 題) | 120      | -14.00  | 28.00   | 5.68 | 7.91 |

## 八、教學組前後測比較：

1.變異題組：教學組(111 班)前後測重複量數成對樣本 T 檢定， $t_{(39)} = -2.070$ ，

$p = .045 < .05$ ，考驗結果達顯著，表示教學後有較多的變異論作答反應。如表

4-1-50、表 4-1-51、表 4-1-52 所示。

**表 4-1-50 成對樣本統計量表**

|      |         | 平均數  | 個數 | 標準差  | 平均數的標準誤 |
|------|---------|------|----|------|---------|
| 成對 1 | 變異題前測總分 | 3.38 | 40 | 3.16 | .50     |
|      | 變異題後測總分 | 4.08 | 40 | 2.60 | .41     |

**表 4-1-51 成對樣本相關表**

|      |                   | 個數 | 相關   | 顯著性  |
|------|-------------------|----|------|------|
| 成對 1 | 變異題前測總分 和 變異題後測總分 | 40 | .741 | .000 |

**表 4-1-52 成對樣本檢定表**

|      |                   | 成對變數差異 |      |         | t      | 自由度 | 顯著性  |
|------|-------------------|--------|------|---------|--------|-----|------|
|      |                   | 平均數    | 標準差  | 平均數的標準誤 |        |     |      |
| 成對 1 | 變異題前測總分 - 變異題後測總分 | -.70   | 2.14 | .34     | -2.070 | 39  | .045 |

2.遺傳題組：教學組(111 班)前後測重複量數成對樣本 T 檢定， $t_{(39)} = -3.606$ ，

$p = .001 < .05$ ，考驗結果達顯著，表示教學後有較多的變異論作答反應。如表

4-1-53、表 4-1-54、表 4-1-55 所示。

**表 4-1-53 成對樣本統計量表**

|      |         | 平均數 | 個數 | 標準差  | 平均數的標準誤 |
|------|---------|-----|----|------|---------|
| 成對 1 | 遺傳題前測總分 | .30 | 40 | 2.03 | .32     |
|      | 遺傳題後測總分 | .80 | 40 | 2.09 | .33     |

**表 4-1-54 成對樣本相關表**

|      |                   | 個數 | 相關   | 顯著性  |
|------|-------------------|----|------|------|
| 成對 1 | 遺傳題前測總分 和 遺傳題後測總分 | 40 | .910 | .000 |

**表 4-1-55 成對樣本檢定表**

|      |                      | 成對變數差異 |     |         | t      | 自由度 | 顯著性<br>(雙尾) |
|------|----------------------|--------|-----|---------|--------|-----|-------------|
|      |                      | 平均數    | 標準差 | 平均數的標準誤 |        |     |             |
| 成對 1 | 遺傳題前測總分 –<br>遺傳題後測總分 | -.50   | .88 | .14     | -3.606 | 39  | .001        |

3.適應題組：教學組(111 班)前後測重複量數成對樣本 T 檢定， $t_{(39)} = -3.734$ ， $p = .001 < .05$ ，考驗結果達顯著，表示教學後有較多的變異論作答反應。如表 4-1-56、表 4-1-57、表 4-1-58 所示。

**表 4-1-56 成對樣本統計量表**

|      |         | 平均數   | 個數 | 標準差  | 平均數的標準誤 |
|------|---------|-------|----|------|---------|
| 成對 1 | 適應題前測總分 | -3.50 | 40 | 2.86 | .45     |
|      | 適應題後測總分 | -.25  | 40 | 4.45 | .70     |

**表 4-1-57 成對樣本相關表**

|      |                   | 個數 | 相關    | 顯著性  |
|------|-------------------|----|-------|------|
| 成對 1 | 適應題前測總分 和 適應題後測總分 | 40 | -.091 | .578 |

**表 4-1-58 成對樣本檢定表**

|      |                      | 成對變數差異 |      |         | t      | 自由度 | 顯著性<br>(雙尾) |
|------|----------------------|--------|------|---------|--------|-----|-------------|
|      |                      | 平均數    | 標準差  | 平均數的標準誤 |        |     |             |
| 成對 1 | 適應題前測總分 –<br>適應題後測總分 | -3.25  | 5.50 | .87     | -3.734 | 39  | .001        |

適應題組前測時（三班共120人）有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)」。參看表4-1-59。

其中的111班為教學組，共40人，適應題組教學前之前測有69%的學生選擇「外力類比」，14.5%的學生選達爾文的「選擇類比」，10.5%選「成長類比」，6%選「意圖類比」。教學後之後測有47.5%的學生選擇「選擇類比」，27 %的學生選擇「外力類比」，24.5 %的學生選擇「成長類比」，1%選「意圖類比」。參看表4-1-60。

**表4-1-59**三班(120人)適應題組選項作答次數統計表

**三班(120人)適應題組選項作答次數統計表**

| 題號及選項(類比型式)                  | 總和 |
|------------------------------|----|
| 第 1 題 A 選項 growth analogy    | 4  |
| 第 1 題 B 選項 force analogy     | 85 |
| 第 1 題 C 選項 selection analogy | 20 |
| 第 1 題 D 選項 intention analogy | 11 |
| 第 2 題 A 選項 selection analogy | 16 |
| 第 2 題 B 選項 force analogy     | 67 |
| 第 2 題 C 選項 intention analogy | 5  |
| 第 2 題 D 選項 growth analogy    | 32 |
| 第 3 題 A 選項 intention analogy | 2  |
| 第 3 題 B 選項 selection analogy | 39 |
| 第 3 題 C 選項 growth analogy    | 7  |
| 第 3 題 D 選項 force analogy     | 72 |
| 第 4 題 A 選項 force analogy     | 73 |
| 第 4 題 B 選項 growth analogy    | 12 |
| 第 4 題 C 選項 selection analogy | 20 |
| 第 4 題 D 選項 intention analogy | 15 |
| 第 5 題 A 選項 growth analogy    | 23 |
| 第 5 題 B 選項 intention analogy | 6  |
| 第 5 題 C 選項 force analogy     | 64 |
| 第 5 題 D 選項 selection analogy | 26 |

**表4-1-60教學組(111班，40人)適應題組選項次數統計表**

**教學組(111 班，40 人)適應題組選項次數統計表**

| 題號及選項(類比型式)                  | 前測總和(次數) | 後測總和(次數) |
|------------------------------|----------|----------|
| 第 1 題 A 選項 growth analogy    | 0        | 6        |
| 第 1 題 B 選項 force analogy     | 32       | 13       |
| 第 1 題 C 選項 selection analogy | 4        | 20       |
| 第 1 題 D 選項 intention analogy | 4        | 1        |
| 第 2 題 A 選項 selection analogy | 4        | 16       |
| 第 2 題 B 選項 force analogy     | 27       | 11       |
| 第 2 題 C 選項 intention analogy | 0        | 0        |
| 第 2 題 D 選項 growth analogy    | 9        | 13       |
| 第 3 題 A 選項 intention analogy | 1        | 0        |
| 第 3 題 B 選項 selection analogy | 10       | 22       |
| 第 3 題 C 選項 growth analogy    | 2        | 8        |
| 第 3 題 D 選項 force analogy     | 27       | 10       |
| 第 4 題 A 選項 force analogy     | 28       | 11       |
| 第 4 題 B 選項 growth analogy    | 3        | 9        |
| 第 4 題 C 選項 selection analogy | 4        | 19       |
| 第 4 題 D 選項 intention analogy | 5        | 1        |
| 第 5 題 A 選項 growth analogy    | 7        | 13       |
| 第 5 題 B 選項 intention analogy | 2        | 0        |
| 第 5 題 C 選項 force analogy     | 24       | 9        |
| 第 5 題 D 選項 selection analogy | 7        | 18       |

## 九、對照組前後測比較：

對照組(113 班)在變異、遺傳、適應三題組的前後測重複量數成對樣本 T 檢定，考驗結果均未達顯著，表示未進行教學活動的對照組學生，前後測作答反應大致相同，如表 4-1-61、表 4-1-62、表 4-1-63 所示。

表 4-1-61 成對樣本統計量表

|      |         | 平均數   | 個數 | 標準差  | 平均數的標準誤 |
|------|---------|-------|----|------|---------|
| 成對 1 | 變異題前測總分 | 3.18  | 40 | 3.18 | .50     |
|      | 變異題後測總分 | 3.30  | 40 | 3.21 | .51     |
| 成對 2 | 遺傳題前測總分 | .38   | 40 | 2.00 | .32     |
|      | 遺傳題後測總分 | .58   | 40 | 2.19 | .35     |
| 成對 3 | 適應題前測總分 | -2.55 | 40 | 3.43 | .54     |
|      | 適應題後測總分 | -2.45 | 40 | 3.73 | .59     |

表 4-1-62 成對樣本相關表

|      |                   | 個數 | 相關   | 顯著性  |
|------|-------------------|----|------|------|
| 成對 1 | 變異題前測總分 和 變異題後測總分 | 40 | .990 | .000 |
| 成對 2 | 遺傳題前測總分 和 遺傳題後測總分 | 40 | .939 | .000 |
| 成對 3 | 適應題前測總分 和 適應題後測總分 | 40 | .980 | .000 |

表 4-1-63 成對樣本檢定表

|      |                      | 成對變數差異 |     |         | t      | 自由度 | 顯著性<br>(雙尾) |
|------|----------------------|--------|-----|---------|--------|-----|-------------|
|      |                      | 平均數    | 標準差 | 平均數的標準誤 |        |     |             |
| 成對 1 | 變異題前測總分 -<br>變異題後測總分 | -.13   | .46 | .07     | -1.706 | 39  | .096        |
| 成對 2 | 遺傳題前測總分 -<br>遺傳題後測總分 | -.20   | .76 | .12     | -1.669 | 39  | .103        |
| 成對 3 | 適應題前測總分 -<br>適應題後測總分 | -.10   | .78 | .12     | -.813  | 39  | .421        |

## 第二節、生物演化概念晤談分析

### 一、變異論與轉型論解釋架構統計分析

由教學組（111 班）與對照組（113 班）這兩個班級中，各隨機挑選 15 人參加晤談，故共計有 30 人參加晤談。對每位學生皆提問相同的五個問題，平均每人需時約 5~8 分鐘。晤談問題及回答情形如下：

#### （一）晤談第一題：

◎洞穴生物問題：科學家認為在黑暗封閉之洞穴中的生物，本來和洞外生物一樣是具有正常眼睛的，但現在卻幾乎都小到快消失不見，有些甚至只剩下一些眼睛的痕跡。這些生物有魚、蠓蠓、蛇...等。就演化的觀點來看，請你推論為何會變成這樣？

洞穴生物問題，不是學生曾經在科學課室中學過的生物演化議題，研究者將其列在晤談問題的第一題。Geraedts & Boersma(2006)在闡述 Thelen & Smith(1994)的動態系統理論(dynamic system theory)與動態心智過程的主張時，認為學生的拉馬克式想法之本質並非是靜態而穩固的，行為或認知的表現有時可能會依循穩定的模式(pattern)，但總是當下即時的建構。Vosniadou(1994)也有類似的看法，她認為迷思概念是在被測試(testing)的處境當下，無意識的建構(spontaneous constructions)而成。以一個學生未曾學過、但看似過程合理(plausible)的演化現象來問學生，預期學生傾向會以直接過程(direct process)本體來進行推論。

學生普遍傾向認為，「因為洞穴太黑暗，眼睛用不到，所以就退化了」。然而所謂用不到的器官，其實未必就會消失，只要其不影響生物個體的存活率或繁殖後代的機率，則該性狀仍可能長存。科學家的解釋，是採變異論(variationism)的解釋架構，例如（以洞穴魚為例）：

「洞穴魚族群的眼睛就像人類族群的情況一樣，有人眼睛大，有人眼睛小，個體間存在著變異(variations)。洞穴的環境中，黑暗又狹窄，大眼的沒佔到什麼生存優勢，卻反而較容易撞到、戳到眼睛，受傷而亡，小眼的就比較不會，慢慢地，

小眼的比較容易存活，因而產生較多後代，具有生殖優勢，而傳遞較多小眼的基因下來，慢慢就變成這個模樣。」(呂光洋，2005)

而接受過強調突現過程(emergent process)、重新創造變異論解釋架構的生物演化教學之學生，預期將能以族群變異為推論的起點來解釋洞穴生物的演化現象。

學生回答情形顯示，接受過生物演化教學的教學組有 8 人以科學家接受的變異論架構來解釋生物演化現象，未受過生物演化教學的對照組只有 2 人採取變異論的解釋架構。學生回答原案舉隅如下：

1. 「我覺得它們長期在黑暗的洞穴中生活，可能就眼睛的功能就沒有常用到，所以久而久之就會慢慢退化，之後就比較不會用到眼睛。

研究者問：那眼睛用不到的話，就會不見嗎？

如果不常用的話，功能就會退化，所以可能就會不見。」(轉型論)

2. 「應該是眼睛本來就比較小的生物，可能就比較習慣的那一種，就是比較不需要去適應那一種環境，因為它眼睛本來就比較小；眼睛比較大的生物，因為生活在黑黑的地方啊，所以(哈)...所以就沒有辦法習慣啊，可能就慢慢淘汰掉了。

所以就會剩下眼睛比較小，再下去就是眼睛...眼睛都沒有了。」(變異論)

學生回答情形詳如下表：

表 4-2-1 洞穴生物問題晤談情形次數統計表

| 洞穴生物問題     | 變異論架構 | 轉型論架構 | 模糊型或未作答 |
|------------|-------|-------|---------|
| 教學組(111 班) | 8     | 5     | 2       |
| 對照組(113 班) | 2     | 10    | 3       |

表 4-2-1-1 洞穴生物問題晤談情形百分比統計表

| 洞穴生物問題     | 變異論架構 | 轉型論架構 | 模糊型或未作答 |
|------------|-------|-------|---------|
| 教學組(111 班) | 53.3  | 33.3  | 13.3    |
| 對照組(113 班) | 13.3  | 66.7  | 20.0    |

## (二) 晤談第二題：

◎膚色問題：北歐人的膚色很白，非洲人的膚色卻非常黑。請你就演化的觀點來推論一下，非洲人的黝黑膚色是怎麼來的？

科學家認為，深色皮膚較能抵擋陽光，特別是紫外線的傷害，同時另一方面，對於住在高緯度光照不足地區的人而言，白色皮膚較能吸收陽光，有助於維生素D的生合成，避免缺乏鈣質（Dawkins R. 著、王道還譯，2002；Diamond J. 著、王道還譯，2002；呂光洋，2005）。演化的基本單位是族群(population)，期望學生能變異論的演化觀點，說出非洲人在膚色上也是有較淺與較深色的變異存在，但由於深色膚色的人有較多的生存優勢與繁殖機會，因而長期下來，非洲人的膚色就看起來普遍較黑。

膚色問題，是個看似與日常生活貼近的現象，學生如果以個體曬太陽皮膚會變黑的邏輯來推論演化過程也狀似合理(plausible)。但適應性改變(adaptive change)並不會改變基因型而遺傳至後代。族群的演化是透過變異所形成的差別生存優勢與繁殖機會，改變了族群的基因池(gene pool)，而造成族群整體黝黑膚色的突現(merge)。

預期學生仍會傾向以直接過程(direct process)本體來進行推論。雖然日常經驗告訴我們，曬太陽皮膚當然會變黑，但我們也不會因此變成黑色人種；白人曬得再黑，生下來的小孩也還是白的。有些學生還是會以轉型論的邏輯做為推論的起點，並試著合理化其推論，合理化後來接收的訊息（研究者的追問）。例如認為，曬太陽可能會造成(cause)基因突變，而造成生下的小孩因此會是黑的。例如：

1. 「搞不好是祖先被曬黑了，基因有點變化。」(轉型論)
2. 「剛開始可能是太陽照射，一直太陽照射，皮膚黑，然後演化上基因遺傳。太陽大，然後基因突變。」(轉型論)
3. 「這些可能會改變他們身體裡的某些…某些…東西，然後生出來就可能會…黑的。」(轉型論)

學生一方面認為曬太陽會造成基因突變，而基因突變會使得後代變黑（而不是變得更白），如果套用 Pozo & Crespo(2005)對粒子運動（突現過程本體）迷思概念的分析，轉型論者合併突變與天擇過程，其想法可加以解構為：

突變是非本質的行動(extrinsic action)，是外在的驅力(external agent)造成突變的，而同物種的所有成員（個體）都有這種共同的本質，所以影響巨觀上族群的外表(effect macroscopic appearance)。—拉馬克的用進廢退想法。

學生回答情形顯示，接受過生物演化教學的教學組有 12 人以科學家接受的變異論架構來解釋生物演化現象，未受過生物演化教學的對照組有 5 人採取變異論的解釋架構。學生回答情形詳如下表：

**表 4-2-2 膚色問題晤談情形次數統計表**

| 膚色問題       | 變異論架構 | 轉型論架構 | 模糊型或未作答 |
|------------|-------|-------|---------|
| 教學組(111 班) | 12    | 2     | 1       |
| 對照組(113 班) | 5     | 8     | 2       |

**表 4-2-2-1 膚色問題晤談情形百分比統計表**

| 膚色問題       | 變異論架構 | 轉型論架構 | 模糊型或未作答 |
|------------|-------|-------|---------|
| 教學組(111 班) | 80.0  | 13.3  | 6.7     |
| 對照組(113 班) | 33.3  | 53.3  | 13.3    |

### (三)晤談第三題：

◎北極熊問題：請你就演化的觀點來推論一下，北極熊的一身白色毛皮是怎麼來的？

聽到這個問題，幾乎所有學生都會立即聯想到，北極熊的白色毛皮具有保護色的功能。而由於學生對保護色名詞的熟悉與自信，因此會傾向以目的論的言詞

來回答此問題，但一如研究者在名詞解釋時所提到的，晤談時所提問的生物演化問題，並不是要測驗學生的生物演化科學知識，而是要了解學生對生物演化的「解釋架構」(explanatory frameworks)(Slotta & Chi, 2006; Vosniadou, 1992,1994; Shtulman, 2006)、推論的方式與邏輯性，以及是否具正確的演化概念本體。

此外，也有學者提醒，分類上要注意之處有：

「許多研究者會檢查受試者口語中是否有目的論的語言，殊不知達爾文論者也會使用目的論的語言來描述天擇——而往往造成將達爾文論者錯誤歸類至非達爾文論者」(Shtulman, 2006)。

「專家可能平行持有素樸與科學家的概念。一方面使用錯誤的模式來做推論，但他們知道使用的限制與捨棄點」(Slotta, Chi & Joram, 1995)。

因此，通常研究者會對學生目的論的言辭進行追問，但不會主動嘗試誘導學生進入變異論的解釋架構。例如：

1.「就是在那個環境幾乎都白色的世界啊，所以就其他毛色的動物就容易被天敵發現，然後就被淘汰掉啊，然後就是毛色是白的，就可以跟環境啊...這樣子看起來就比較不容易被發現，所以就會活下來的比較多。

**研究者問：**那就是說，原本有一些是比較白的北極熊，有一些是比較不是那麼白的北極熊？

對啊！本來應該有差異的，後來慢慢被淘汰掉了。」(變異論)

2.「因為北極應該都是冰天雪地嘛，然後北極熊在那邊，它也是白色的話，看起來就遠遠看過去也是白色的話，感覺好像好像有保護色的感覺。

**研究者問：**那它是想要有這個保護色的感覺，就可以有這個保護色嗎？

應該是原本剛開始也有黑的嘛，就是有很多種顏色，可是到最後演化下來的話，白色的比較容易生存嘛，所以到最後北極熊變白色。」(變異論)

3.「保護色吧，它需要保護色吧。可能需要獵食啊或者是躲避敵人，可能需要它

的毛皮來掩護，不然會很顯眼，會被發現。

**研究者問：**那麼，它想要有這身白色毛皮就可以有白色毛皮嗎？

應該不是吧？

**研究者問：**那是怎麼演化出白色毛皮的呢？

這...我不知道耶。1(轉型論)

與前述第一題的表現相較，本題的情境可能類似國中時所學的長頸鹿或胡椒蛾的例子，因此對照組學生能使用已有的基模(schema)，而呈現出有稍多的變異論解釋架構者。但是由於以下三個因素之緣故，多數仍呈現轉型論者解釋架構——1.語言使用上的偏愛(biases)。2.概念知識中之直接過程本體的優勢（以致於成為解釋架構的預設值(default)）。3.另有本體（突現過程本體）的例子之缺乏。

因此，在反應的當下，學生回答情形顯示，接受過生物演化教學的教學組有13人以科學家接受的變異論架構來解釋生物演化現象，未受過生物演化教學的對照組有6人採取變異論的解釋架構。學生回答情形詳如下表。

**表 4-2-3 北極熊問題晤談情形次數統計表**

| 北極熊問題      | 變異論架構 | 轉型論架構 | 模糊型或未作答 |
|------------|-------|-------|---------|
| 教學組(111 班) | 13    | 1     | 1       |
| 對照組(113 班) | 6     | 9     | 0       |

**表 4-2-3-1 北極熊問題晤談情形百分比統計表**

| 北極熊問題      | 變異論架構 | 轉型論架構 | 模糊型或未作答 |
|------------|-------|-------|---------|
| 教學組(111 班) | 86.7  | 6.7   | 6.7     |
| 對照組(113 班) | 40.0  | 60.0  | 0       |

#### (四)晤談第四題：

◎長頸鹿問題：請你就演化的觀點來推論一下，長頸鹿的長脖子是怎麼來的？

長頸鹿的演化故事是大家耳熟能詳的故事，國中教科書中也再次舉長頸鹿為例來進行說明。學生在碰到這個故事時多能以變異論的架構不加思索地侃侃而談，例如：

1. 「原本有長的有短的，但是在環境負荷比較吃緊的時候，長頸的比較有優勢，所以就被保存下來。」(變異論)
2. 「就演化吧！因為就是長頸鹿原本同短的，然後如果它的脖子本來是比較長的，就可以吃到比較高的樹葉、可以吃到比較多的樹葉，就是可以比較容易生存，然後脖子短的就比較不容生存。就是脖子短的就會被淘汰。」(變異論)
3. 「因為比較矮的樹，葉子都容易被吃掉，那為了生存，所以就脖子慢慢演化地長一點，可以挑樹葉，就比較容易生存。  
是它想要變長，就可以變長嗎？  
不是，就是慢慢。」(轉型論)

學生回答情形顯示，接受過生物演化教學的教學組有 15 人以科學家接受的變異論架構來解釋生物演化現象，未受過生物演化教學的對照組有 14 人採取變異論的解釋架構。回答情形詳如下表。

表 4-2-4 長頸鹿問題晤談情形次數統計表

| 長頸鹿問題      | 變異論架構 | 轉型論架構 | 模糊型或未作答 |
|------------|-------|-------|---------|
| 教學組(111 班) | 15    | 0     | 0       |
| 對照組(113 班) | 14    | 1     | 0       |

表 4-2-4-1 長頸鹿問題晤談情形百分比統計表

| 長頸鹿問題      | 變異論架構 | 轉型論架構 | 模糊型或未作答 |
|------------|-------|-------|---------|
| 教學組(111 班) | 100   | 0     | 0       |
| 對照組(113 班) | 93.3  | 6.7   | 0       |

(五)晤談第五題：

◎胡椒蛾問題：請你解釋一下，在生物演化問卷上的胡椒蛾問題中，你為何這樣著色？

本題在國中教科書中曾有介紹，因而學生對此並不陌生，而多能侃侃而談，對照組中抽樣的學生中，學生晤談回答時多能符合原先在問卷上的著色方式，但原先對照組中有 3 人在著色時是採轉型論畫法者，其中一人仍以變異論的架構解釋胡椒蛾的例子。晤談原案舉隅如下：

1. 「本來的蛾顏色就是有白有黑嘛，就是也是需要偽裝，或是躲避一些掠食者，那種保護色，有些顏色稍微深一點的，就可以躲避掉掠食者，然後可能可以生存下來。然後就愈來愈黑。」(變異論)
2. 「一開始，就是工業革命，所以樹表面有煤灰，就變得比較灰，所以灰色的胡椒蛾就比較能適應當時的環境，那相對的，白色的就比較易被捕食，所以數量就減少，但是...就是減少到一定程度之後它還是會保持一定的數量，所以基因還是會存在。」(變異論)

學生回答情形顯示，接受過生物演化教學的教學組有 15 人以科學家接受的變異論架構來解釋生物演化現象，未受過生物演化教學的對照組有 13 人採取變異論的解釋架構。回答情形詳如下表。

表 4-2-5 胡椒蛾問題晤談情形次數統計表

| 胡椒蛾問題      | 變異論架構 | 轉型論架構 | 模糊型或未作答 |
|------------|-------|-------|---------|
| 教學組(111 班) | 15    | 0     | 0       |
| 對照組(113 班) | 13    | 2     | 0       |

表 4-2-5-1 胡椒蛾問題晤談情形百分比統計表

| 胡椒蛾問題      | 變異論架構 | 轉型論架構 | 模糊型或未作答 |
|------------|-------|-------|---------|
| 教學組(111 班) | 100   | 0     | 0       |
| 對照組(113 班) | 86.7  | 13.3  | 0       |

## 二、小結

(一)學生回答五個晤談問題所使用的解釋架構次數統計，如下表 4-2-6、表 4-2-6-1 及圖 4-2-1 所示。顯示出教學組的學生在晤談時較能使用變異論的架構在推論，而較少使用轉型論的架構在進行推論。對照組的學生則反之。

(二)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，顯示學生並未能充分理解達爾文的演化理論而不能產生學習遷移，且其推論演化現象的預設值為轉型論心智模式。

(三)對教學組學生的施行的引導式重新創造生物演化教學課程具有教學成效：教學組學生在五個演化問題上，均較對照組學生具有較多的變異論回答反應。

表 4-2-6 五個演化問題晤談情形次數統計表

| 五個演化問題     | 變異論架構 | 轉型論架構 | 模糊型或未作答 |
|------------|-------|-------|---------|
| 教學組(111 班) | 63    | 8     | 4       |
| 對照組(113 班) | 40    | 30    | 5       |

表 4-2-6-1 五個演化問題晤談情形百分比統計表

| 五個演化問題     | 變異論架構 | 轉型論架構 | 模糊型或未作答 |
|------------|-------|-------|---------|
| 教學組(111 班) | 84.0  | 10.7  | 5.3     |
| 對照組(113 班) | 53.3  | 40.0  | 6.7     |

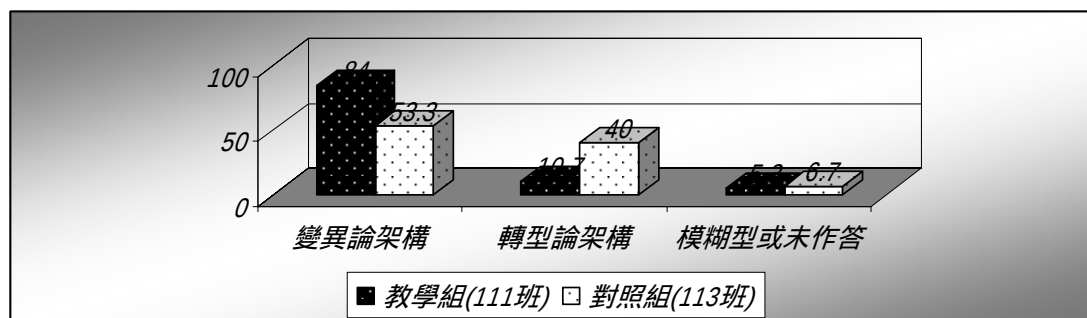


圖 4-2-1 五個演化問題晤談情形百分比統計圖