

第四章 研究結果

本研究目的是要探討國小五年級學生在科學探究活動中，科學解釋能力的成長，分析學生在科學探究活動中所呈現的科學認識論，進而討論學生所持有的科學認識論和科學解釋間的關係。針對本研究之研究目的及研究問題，本章分成三節，第一節將探討學生科學解釋能力，研究者分別用量化與質性方法分析科學解釋能力測驗前後測，以及學生的晤談及教室觀察的資料，以瞭解學生科學解釋能力的成長。第二節則將探討學生的認識論，研究者先將學生形式認識論的前後測部分以量化的方法分析，接著在呈現與分析學生在前後晤談中實務認識論的改變，以及學生在科學探究活動中所呈現的實務認識論部分。第三節則是探討焦點學生所持有的科學認識論和科學解釋間的關係為何。

第一節 科學解釋能力之探討

在本節中，將從科學解釋能力及概念兩個面向來分析探討科學解釋能力測驗、科學解釋晤談、及教室錄影資料等資料以瞭解學生科學解釋能力的成長。

一、科學解釋能力測驗前後測資料之探討

本研究以自行編制之「科學解釋能力測驗試題」評量國小五年級學生之科學解釋能力，試題共有七大題，為開放性的試題，將兩班學生前、後測結果各68份，以統計套裝軟體SPSS 12進行成對樣本t考驗來分析前後測試否達顯著。就量化前後測整體而言，學生科學解釋能力測驗前後測達顯著差異 $p < 0.01$ ($t = -5.04$)。

表4-1-1 科學解釋能力測驗整體前後測結果

前測 平均	前測 S.D.	後測 平均	後測 S.D.	平均 差數	t 值	P 值 (雙尾)
5.60	3.82	8.24	5.14	2.63	5.04	.00**

Note：* $p < .05$. ** $p < .01$.

以下將科學解釋能力測驗結果分為能力和概念兩部分詳述之。

(一) 科學解釋能力

(1) 指出變數間關係的能力

在七大題中，表4-1-2中的三小題涉及科學解釋能力中指出變數間關係的能力，從表4-1-2發現，整體而言，在指出變數間關係的能力方面，學生前後測的表現未達顯著差異 ($t = -1.38, p = 0.17 > .05$)，其表示學生在經過本探究活動後，指出變數間關係的能力略有增長，但是成長未達顯著差異。

表4-1-2 指出變數間關係前後測結果

題號	前測 平均	前測 S.D.	後測 平均	後測 S.D.	平均 差數	t 值	P 值 (雙尾)	合計 t 考驗值
4.1	0.53	0.701	0.72	0.83	0.19	1.93	0.06	S.D.= 1.75 t= 1.38 p= 0.17
5.1	0.49	1.058	0.60	1.15	0.12	0.80	0.43	
6.3	0.13	0.544	0.12	0.53	-0.01	-0.24	0.81	

Note : * $p < .05$. ** $p < .01$.

表4-1-2中亦表示，雖然第4.1題之前後測未達顯著差異 ($t = -1.934, p = 0.057$)，但是已接近達顯著水準，其表示學生指出變數間關係的能力是有所增長的。在第4.1題學生的回答中，學生最多只能得到兩分，也就是說，在前後測中學生最多能指出「重量每增加十克，則彈簧會伸長二公分」，但卻沒有學生能夠能夠回答出「彈簧伸長長度和重量成正比」，其可能是學生對於「正比」的概念沒有足夠的瞭解。

在第4.1、5.1、6.3的題目都是請學生從數據表中找出變數間的關係，其中第4.1題和5.1題是請學生指出兩個變數間的關係，而第6.3題則是給予學生三個變數，請學生指出三個變數間的關係，其中第6.3題難度較高，加上第5.1題和第6.3題中的概念都是學生尚未學過的，因此，其可能表示：1. 學生指出變數間關係的能力受限於概念知識的影響，無法在概念間遷移，也就是說，學生在學習某個概念的同時有可能同時學習到指出變數間關係的能力，但是卻無法將指出變數間關係的能力遷移至其他概念中。2. 學生的指出變數間關係能力受到變數多寡的影響，當變數增多時，學生則無法明確的變數間指出變數間關係，而若給予學生明確的兩組變數，則學生則能明確的指出兩者間的因果關係。

(2)產生解釋的推理過程

在七大題中，表4-1-3中的五小題涉及科學解釋能力中產生解釋的推理過程的能力，從表4-1-3 結果顯示，學生產生解釋的推理過程的能力前後測的表現有達顯著差異 ($t = -8.63, p < .01$)，也就是說，整體而言，學生在經過本探究活動後，產生解釋的推理過程的能力有所成長。

表4-1-3 產生解釋的推理過程前後測結果

題號	前測 平均	前測 S.D.	後測 平均	後測 S.D.	平均 差數	t 值	P 值 (雙尾)	合計 t 考驗 值
1.1&1.2	2.69	0.76	2.85	0.55	0.16	1.74	0.08	S.D.= 1.40 t= 7.18 p= 0.00**
2.1&2.2	0.18	0.57	1.54	1.35	1.37	7.86	0.00**	
5.2	0.03	0.17	0.26	0.54	0.24	3.53	0.00**	

Note : * $p < .05$. ** $p < .01$.

在第二題及第 5.2 題的前後測有達顯著水準，而第一題的前後測未達顯著水準。在第一題、第二題的題目是要學生能夠根據所給的圖（沒有給予數據表）解釋如何獲得答案的過程，其中只有第二題達顯著差異，而第一題未達顯著差異的原因有可能是因為學生在前測時的得分已經很高，所以後測無法有很明顯的成長。在第 5.2 題題目是給予學生數據表，請學生根據數據表描述其主張產生的推理過程，雖然第 5.2 題是學生沒有學過的概念，但是學生的前後測有達顯著差異，代表經過本課程後，如果給予學生數據表的話，那麼學生應該能夠根據數字表描述出其主張產生的推理過程。

(3) 提出證據支持主張

在七大題中，表4-1-4中的四小題涉及科學解釋能力中提出證據支持主張的能力，從表4-1-4結果顯示，學生提出證據支持主張的能力前後測的表現未達顯著差異 ($t = -1.32, p = 0.19 > .05$)，其表示學生在經過本探究活動後，提出證據支持主張的能力略有增長，但是成長未達顯著差異。

表4-1-4 提出證據支持主張前後測結果

題號	前測平均	前測 S.D.	後測平均	後測 S.D.	平均差數	t 值	P 值 (雙尾)	合計 t 考驗值
4.2	0.44	0.92045	0.59	0.95	0.15	1.055	0.30	S.D.= 2.21 t= 1.32 p= 0.19
5.3	0.21	0.63619	0.24	0.60	0.03	0.331	0.74	
6.1	0.12	0.46	0.21	0.68	0.09	1.062	0.29	
6.2	0.12	0.4	0.21	0.72	0.09	0.925	0.36	

Note : * $p < .05$. ** $p < .01$.

在第 4.2 題、第 5.3 題、第 6.1 題、第 6.2 題各小題之前後測皆未達顯著差異，這四小題是要學生從數據表中提出證據支持主張，看學生對於數據的部分是否敏感。學生的回答大多為「看表」或「實驗結果」而沒有指出特定的數據，只有少數幾位學生能夠很明確的指出數據做為證據，以連結主張和證據，但是學生們所提出的證據都不完整（少於三組數據）。其可能表示學生具有提出證據支持主張的能力，但是學生認為只要呈現資料就可以做為證據支持所提出的主張，對於何謂「好的證據」或「足夠的證據」並沒有太大的認知和瞭解，也就是說，學生具有提出證據支持主張的能力，但對於提出好的證據支持主張的能力並沒有太大成長。

（二）科學解釋與概念

除了單純分析學生的解釋能力成長外，另一個關心的焦點是學生在於科學解釋的內容與概念間的關係，例如：學生提出的解釋是否包含了科學概念的內容，及概念的教過與否會不會影響學生解釋能力的表現。

（1）解釋內容中的科學原理

在七大題中，表4-1-5中的四小題要求學生提出科學解釋，針對這些解釋，進一步分析其解釋內容是否涉及科學原理的使用。從表4-1-5結果顯示，學生解釋內容中的科學原理前後測的表現未達顯著差異（ $t = -1.810, p = 0.075 > 0.05$ ），其表示學生在經過本探究活動後，解釋中之使用科學原理的能力略有增長，但是成長未達顯著差異。

表4-1-5 解釋內容中的科學原理前後測結果

題號	前測平均	前測 S.D.	後測平均	後測 S.D.	平均差數	t 值	P 值(雙尾)	合計 t 考驗值
3.1	0.07	0.26294	0.15	0.36	0.07	1.69	0.10	S.D.= 1.01 t= 1.81 p= 0.08
3.2	0.21	0.44248	0.28	0.51	0.07	1.15	0.25	
3.3	0.12	0.32459	0.07	0.26	-0.04	-1.00	0.32	
7	0.28	0.56899	0.40	0.74	0.12	1.05	0.30	

Note : *p<.05. **p<.01 .

(2) 概念教過與否

在七大題中，第三、六、七大題涉及課堂中沒有教過的概念，其目的是在於檢測科學解釋能力是否能應用於未學過的概念範圍，從表 4-1-6 結果顯示，整體而言，涉及學生有學過的概念，學生的科學解釋能力有顯著成長，而對於學生沒有學過的概念範圍，學生的科學解釋能力略有增長，但是未達顯著。可見科學解釋能力的學習與培養是與概念有關的。

表 4-1-6 概念教過與否之前後測結果

類別	題號	前測平均	前測 S.D.	後測平均	後測 S.D.	平均差數	t 值	P 值(雙尾)
有教過概念	1、2、4、7	4.12	2.14	6.10	2.90	2.00	6.28	0.00**
尚未教過概念	3、5、6	1.49	2.43	2.13	3.08	0.6	1.98	0.05

Note : *p<.05. **p<.01 .

從圖4-1-1中可發現，在指出變數間關係的能力的題目的前後測中，後測的平均分數皆較前測的平均分數高¹，其表示學生指出變數間關係的能力有所成長，而涉及學生有學過的概念的題目學生進步的分數較沒學過的概念進步的較多，其表示概念的學過與否可能會影響學生指出變數間關係的能力。

¹圖4-1-1中的前後測平均分數是將與指出變數間關係的能力有關的各小題的分數平均加總之後，再除以與指出變數間關係的能力有關總題數

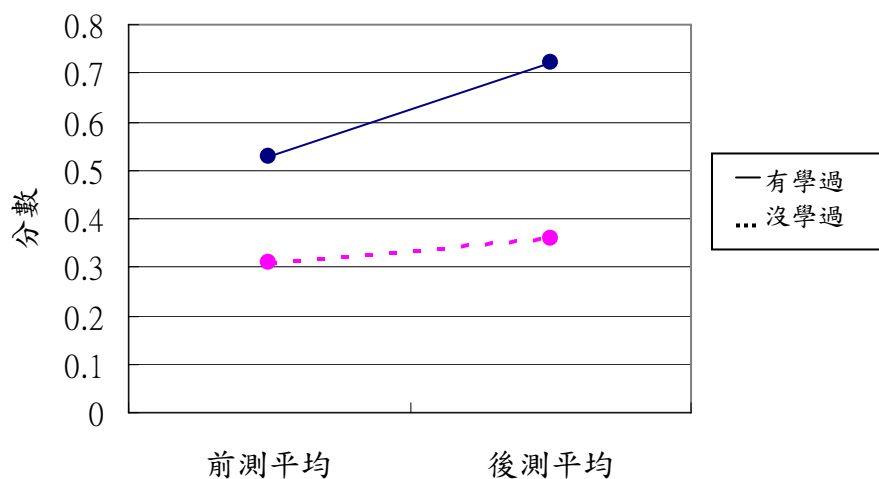


圖 4-1-1 指出變數間的關係之前後測平均

從圖4-1-2中可發現，在產生解釋的推理過程的能力的題目的前後測中，後測的分數皆較前測高，其表示學生產生解釋的推理過程的能力有所成長，而涉及學生有學過的概念的題目學生進步的分數較沒學過的概念進步的較多，其表示概念的學過與否可能會影響學生產生解釋的推理過程的能力。

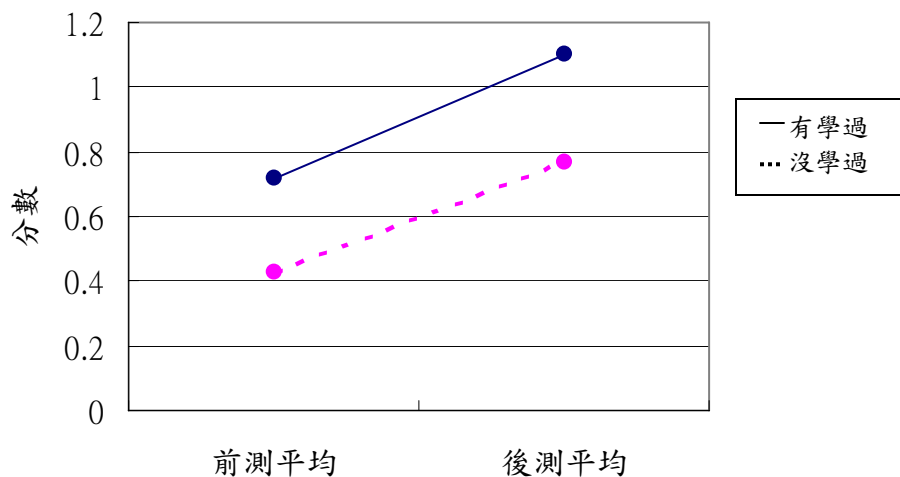


圖 4-1-2 產生解釋的推理過程之前後測平均

從圖4-1-3中可發現，在提出證據支持主張的能力的題目的前後測中，後測的分

數較前測為高，其表示學生提出證據支持主張的能力有所成長，另外，涉及學生學過的概念的題目學生進步的分數較沒學過的概念進步的較多，其表示概念的學過與否可能會影響學生提出證據支持主張的能力。

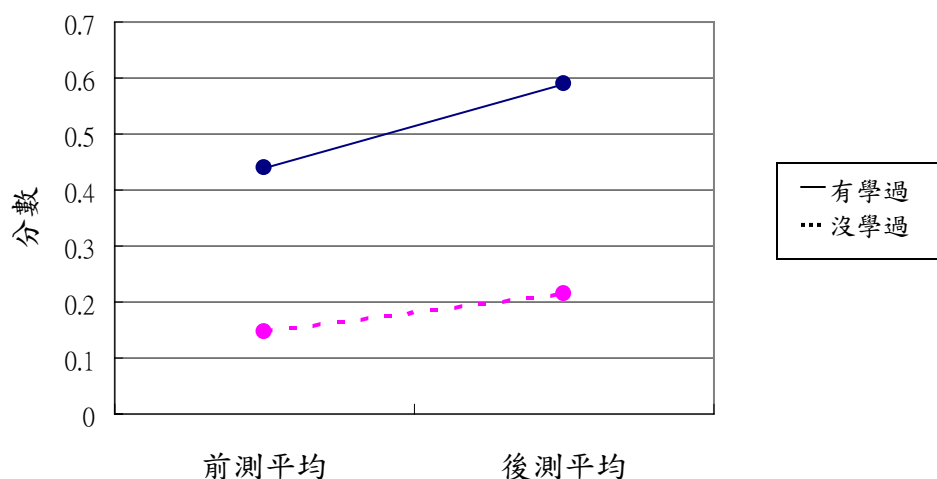


圖 4-1-3 提出證據支持主張之前後測平均

(三)、小結

由上述結果歸納整理之後發現，學生產生解釋的推理過程的成長趨勢較大，而指出變數間關係的能力及提出證據支持主張的能力則未達顯著差異；另外，由資料可知，整體而言，學生科學解釋能力的學習與概念可能是有關的。

二、科學解釋能力前後晤談資料之分析

以下將歸納整理焦點學生科學解釋晤談資料，分別探討依據其各項能力之成長情形²。

(一)、指出變數間關係

從圖 4-1-4 中可以發現，前後晤談中階層一、二、三的人數減少了，階層四的

²焦點學生科學解釋能力前後晤談編碼結果詳見附錄F

人數從原來的六人增為十二人，而且階層三、四的人數從原來的八人增為十三人，也就是說有超過 50% 的學生能夠指出正確的因果關係，由此可知，學生指出變數間關係之能力有明顯的成長。

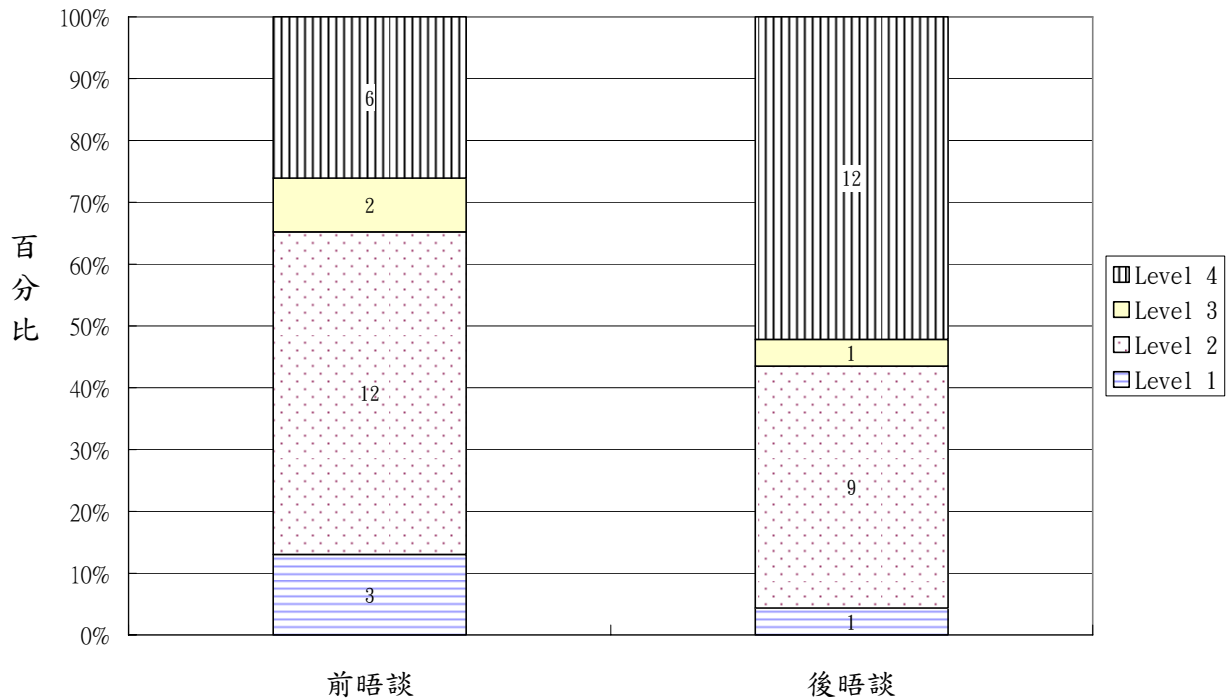


圖 4-1-4 指出變數間關係能力之編碼圖

此外，在科學解釋的晤談中，晤談者能夠給予學生提示，因此有部分學生可能在晤談者的提示下能指出變數間關係，因此在晤談標準中，有將晤談者之提示列入評分標準中，階層三的學生在前晤談時為二人，而此二人在後晤談時他們指出變數間關係的能力都成長為階層四，另外，在後晤談中有一人需要晤談者提示才能正確地指出變數間的關係，其指出變數間關係的能力則是從階層二成長為階層三，其可能表示有些學生若給予適時提示就能夠正確地指出變數間之關係，也就是說，指出變數間關係的能力可能是在學生的近側發展區（ZPD）之內，若教師於交學生給予適當的協助，學生就能夠達到這樣的能力，因此，在教學設計中可對這個部分加以著墨。

在科學解釋前後晤談中，只有一位學生 214 呈現倒退現象，雖然該生是接受面對面晤談，但其在前後晤談中狀況很不穩定，尤其在後晤談中在回答晤談者問題時，

常表現出不耐煩的態度，在回答問題時，常以不知道來敷衍晤談者，因此指出變數間關係的能力呈現倒退的現象。而其他的學生都呈為持原來程度或呈不等之成長(九人進步，十三人持平，一人退步)。

以下將呈現學生前後晤談進步的情形，學生 431 在前晤談中指出變數間關係的能力為階層二，因為學生能根據圖表，說出曬太陽時間和植物生長高度間的關係，但卻是以原來的先備知識來斷定豆子大小和植物生長高度的關係；而在後晤談中，學生指出變數間關係的能力成長為階層四，因為學生能根據圖表，明確說出豆子大小、曬太陽時間兩個變數和植物生長高度間的關係：

431 前晤談

R: ...請你根據這個表回答這個問題，就是植物的生長情形和哪些變因有關？
(431 將答案寫下來)

R: (念學生寫的答案) 曬太陽時間越久，豆子長得越高，你是從哪裡看出來的？

431: 時間

R: 從時間，時間哪裡告訴你的？你可以把數字說出來嗎？

431: 這裡 (豆子一)

R: (曬太陽) 十四 (小時)，(長高) 十三 (公分)

431: 恩

R: 就是說你是從十四十三那裡看出來的？

431: 恩

R: 那還有其他的嘛？

431: 沒有了

R: 沒有了，OK

R: 所以你是從十四和十三看出來的就是了？

431: 恩

R: 那你覺得豆子的大小沒有影響嗎？

431: 沒有

R: 你從哪裡看出來的？

431: (停頓 44 秒) 不知道

R: 不知道，所以你覺得豆子大小在這個表中有影響嗎？

431: 沒有

R: 沒有

R: 那豆子的大小沒有影響是你的直覺嗎？還是從這個表中看出來的？

431: 直覺

R: 好沒關係，所以你從這個表中看不出來豆子大小沒有影響？

431: 恩

R: OK

R：那你覺得曬太陽時間和豆子大小之間有什麼關係？

431：（停頓 80 秒）不知道

431 後晤談

R：...你覺得植物生長的高度和哪些變因有關？

431：曬太陽的時間

R：曬太陽的時間，那你從哪裡看出來的？

431：這裡（指豆子一）

R：豆子一喔？

431：恩

R：那豆子大小有影響嗎？

431：豆子大小...沒有

R：你從哪裡看出來的？

431：這個和這個（用手指豆子一和四）

R：豆子一和四是不是？

431：恩

...

R：曬太陽時間和九天後高度有什麼樣的關係？

431：時間越久長得高度會比較高

從上述例子可知，雖然學生於前後測都能夠指出「曬太陽時間越久，植物長得越高」的關係，但是在前晤談中學生 431 卻是在剛開始看圖表時，就直接排除豆子大小對於植物生長高度的影響，而非是根據圖表排除豆子大小對於植物的影響。其可能是學生的先備知識認為豆子的大小不會（或者會）影響植物生長的高度，因而會直接忽略豆子大小的變數，只觀察表中曬太陽時間和植物生長高度間的關係，也就是說，學生在判斷變數間的關係時，可能會受到學生原來的先備知識所影響。而在接受晤談二十三位學生中，於前晤談中有十一位學生，後晤談中則有七位學生有這樣的情形發生。

（二）、產生解釋的推理過程

從圖 4-1-5 中可以發現，前後晤談中階層一、二的人數減少了，而階層三、四的人數從原來的七人增為十一人，其中階層四的人數從原來的五人增為八人，由此可知，學生產生解釋的推理過程之能力有成長。科學解釋測驗前後測結果，也顯示學生產生解釋的推理過程能力有所成長，兩者的結果相符。

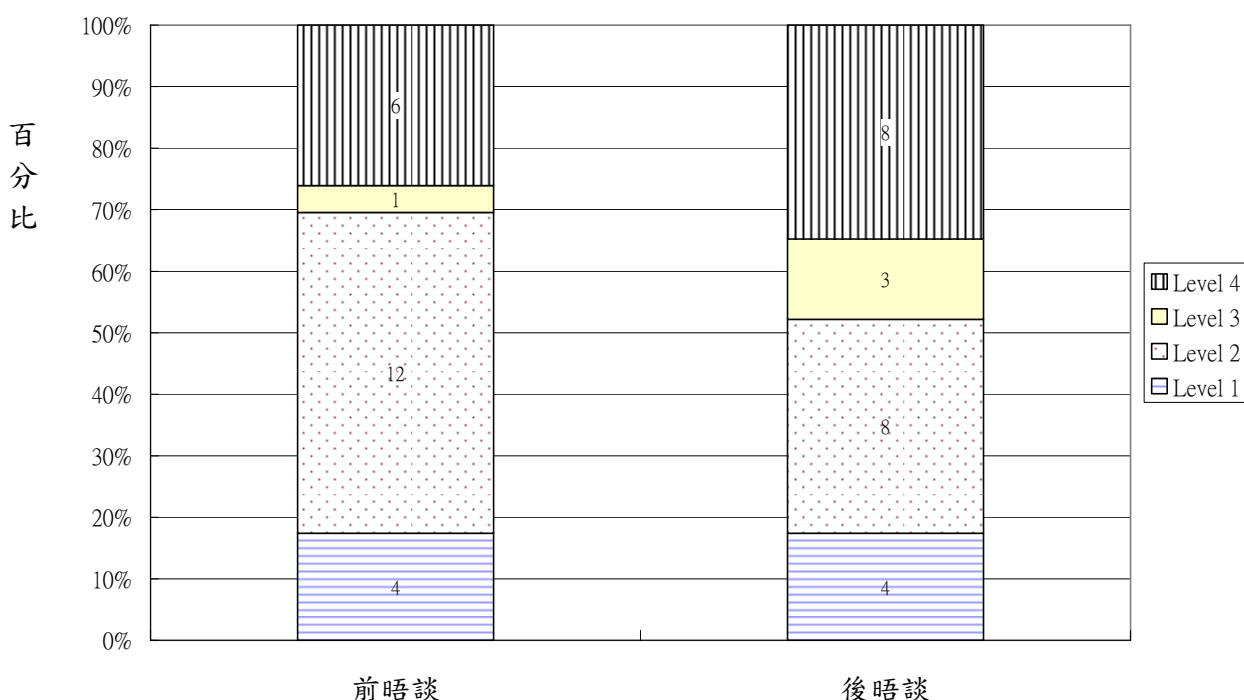


圖 4-1-5 產生解釋的推理過程能力之編碼圖

所有晤談學生中，僅有學生 432 產生解釋的推理過程的能力呈現倒退的現象，其原因可能是由於學生 432 為電腦晤談，在前晤談中學生在看圖表時直接忽略豆子大小的欄位，而只看表中曬太陽時間和植物生長高度間的關係。於後晤談中，學生沒有忽略豆子大小的欄位，但卻無法排除豆子大小的變因，而導致其無法知道變數間的關係，也就是說，學生有能力能夠說出兩變因之間的關係，但當增加變因時，學生不具排除其他資料的能力。學生 214 其狀況很不穩定，其指出變數間關係的能力呈現倒退的現象，除了上述學生以外，其他的學生都呈為持原來程度或呈不等之成長。

以下將呈現學生前後晤產生解釋的推理過程的能力談成長的情形，學生 212 在前晤談中產生解釋的推理過程的能力為階層一，因為學生無法說明其如何從表中得知植物生長高度和曬太陽時間有關，而與植物生長高度無關，但於後晤談中學生產生解釋的推理過程的能力成長為階層三，學生能夠說明其是如何從圖表得到曬太陽時間和植物生長高度有關，以及豆子大小與植物生長高度無關，但在說明豆子大小時，推理過程有誤：

212 前晤談

...

R：那你覺得植物的高度和哪一些變因有關？這裡的哪一些因素有關？

212：曬太久，不然就是營養沒有傳輸

R：什麼東西曬太久？

212：豆子

R：然後呢？

212：然後水分可能太多。然後太陽曬太久，然後所以影響長高的

R：喔

...

R：那大小呢？從這個表告訴你豆子的大小有影響嗎？

212：應該是沒有吧

R：為什麼？

212：因為豆子大小應該只是長得一個很粗，然後另外一個長得很細而已

R：什麼意思？這個表哪裡告訴你呢？

（212 停頓 22 秒沒有回答）

R：這個表有告訴你嘛？

212：沒有

R：不然你從哪裡知道豆子大小沒有影響？

（212 沒有回答）

R：那你剛剛說豆子大小沒有影響是這個表告訴你的嘛？還是你自己覺得的？

212：自己覺得的

R：所以從這個表你不知道豆子的大小有沒有關係是這樣嗎？

212：恩

R：那從這個表為什麼你會覺得曬太陽時間有影響？這個表哪裡告訴你的？

212：就是因為豆子裡面要靠水分和太陽來生長

R：你是從哪裡看出豆子是靠太陽和水分來生長的？是這個表呢？還是你自己覺得的？

212：我自己覺得的

R：那只從這個表裡面呢？這個表裡面有豆子大小、曬太陽時間和生長高度，那只從這個表裡面，你覺得生長高度和哪一些變因有關，就是指從這個表裡面告訴你的喔

212：（停頓 60 秒）沒有回答

R：不然你剛剛怎麼說曬太陽時間？

212：因為我是覺得曬太陽的時間如果曬太久的話，豆子會爛掉

R：那這個表有告訴你嗎？還是你自己覺得曬太久的話，豆子會爛掉？

212：我自己覺得

R：那你從這個表裡面看得出來生長高度和什麼有關嗎？

212：沒有

212 後晤談

...

212：就是每天曬太陽的時間只要多一小時的話，就會長高一公分，然後第二個豆子也是一樣，他曬十個小時只有長高九公分，所以十小時要減掉一，所以他只有長高九公分而已，豆子三也是一樣，只有豆子三加一，其他都減一

R：豆子三加一其他都減一，你覺得曬太陽時間和植物長高度是這樣嗎？

212：恩

R：所以你的意思是曬太陽時間和高度有關係是不是？

212：恩

R：那豆子的大小有關係嗎？

212：有關係，不是，沒關係

R：所以生長高度到底和什麼有關係呢？

212：跟太陽曬的時間有關係

R：等一下喔，那你剛剛說和豆子大小有關係是什麼意思？你可以把他完整的說一次嗎？就是生長高度和哪些變因有關？

212：跟曬太陽的時間有關係

R：什麼跟曬太陽的時間有關係？

212：高度

R：高度跟曬太陽時間有關係，那豆子大小跟高度有關係嗎？

212：豆子大小..應該是沒有關係

R：那你從哪裡看出來沒有關係呢？

212：因為如果是小豆子的話長出來只是那個樹幹那個細一點，阿大豆子就是粗一點

R：那從這個表呢？你可以從這個表裡面告訴我，大小跟高度有沒有關係嗎？

212：沒有

R：哪裡沒有？

212：因為小豆子（豆子三）它曬六個小時而已，它可以長高七公分，阿這個也是小豆子（豆子五）阿它曬十個小時可以長九公分，這個它多一公分，所以我覺得沒關係

R：所以你是從這裡看出它沒有關係嗎？

212：恩

從上述資料可知，在前晤談中，該生無法分析表中的數據，且在該生前晤談中的回答完全受到先備知識的影響，其說明中出現的原來題目和數據表中所沒有出現的其他變因，例如：澆水不夠，或植物曬太久太陽會爛掉，似乎沒有實驗中控制變因的概念。而於後晤談中，該生雖然仍能指出曬太陽時間會影響植物高度，而在產生解釋的推理過程中則是企圖使用加減法來分析表中數字間的差異，因此該生只能看出曬太陽時間會影響植物生長高度，而沒有進一步說明變數間的關係，另外，雖

然該生從表中發現豆子大小與植物生長高度無關，但在說明豆子大小與植物生長高度無關時，所使用的數據是錯誤的，該生似乎認為當豆子大小一樣，而曬太陽時間不同時，植物高度就會不同，所以可以說明豆子大小不會影響高度，無法正確地提出排除豆子大小變因的數據。

經由歸納整理總晤談人數為二十三人的晤談資料中可以發現，學生在產生解釋的推理過程中，對於數據的推理及分析可以分成以下三種類型：

- (1) 在前晤談有七位學生，後晤談有六位學生，在產生解釋的推理過程中，會使用加減法來處理數字間的差異，例如：學生認為除了豆子三之外，其他的豆子其每天曬太陽的時間和植物所生長的高度都相減都相差一，只有豆子三會相差負一。除了階層一的學生以外，階層二、三、四的學生都會有這樣的情形出現。
- (2) 在前晤談有九位學生，後晤談有十位學生在產生解釋的推理過程中，會看整體數據所呈現的趨勢為何，例如：學生發現曬的時間越久，植物的生長高度越高。這類型學生產生解釋的推理過程的能力多為階層二或階層四。
- (3) 在前後晤談中各有七位學生，在產生解釋的推理過程中，學生對於數據無法作有系統的處理，無法看出整體數據所呈現的趨勢，也沒有使用加減法來處理數據，而只能看出每個變數的數字不同，而這類型的學生其指出產生解釋的推理過程的能力為最弱，大多為階層二或是階層一的學生，例如：學生認為數據表中豆子大小不同，曬太陽時間不同，而植物生長高度也不同。

另外，學生在說明其解釋產生的過程時會有以下兩種情形出現，而這兩種情形的出現可能是受到學生先備知識的影響：

- (1) 在前晤談中有六位學生，後晤談中有四位學生在其推理過程中會出現的原來題目和數據表中所沒有出現的其他變因或數據，例如：學生認為由每曬太陽時間為十四小時時，長高三公分，而若曬太陽的時間為零小時，植物生長高度為零，或是學生認為有澆水和曬太陽的話植物的生長高度就會變高。階層一或階層二學生會有這樣的情形出現。
- (2) 在前晤談中有五位學生，後晤談中有三位學生會直接忽略豆子大小的變數，只觀察曬太陽時間和植物生長高度間的關係，例如：學生覺得豆子大小不會

影響植物生長高度是因為直覺，或者是因為同一種豆子的基因相同的關係。

階層二學生會有這樣的情形出現。

(三)、提出證據支持主張

從圖 4-1-6 中可以發現，前後晤談中階層一、二的人數略微減少，而階層三、四的人數從原來的六人增為八人，其中階層四的人數從原來的零人增為兩人；由此可知，學生產生解釋的推理過程之能力的成長較小，但是相對於指出變數間關係的能力和產生解釋的推理過程的能力而言，學生提出證據支持主張的能力成長趨勢很小。

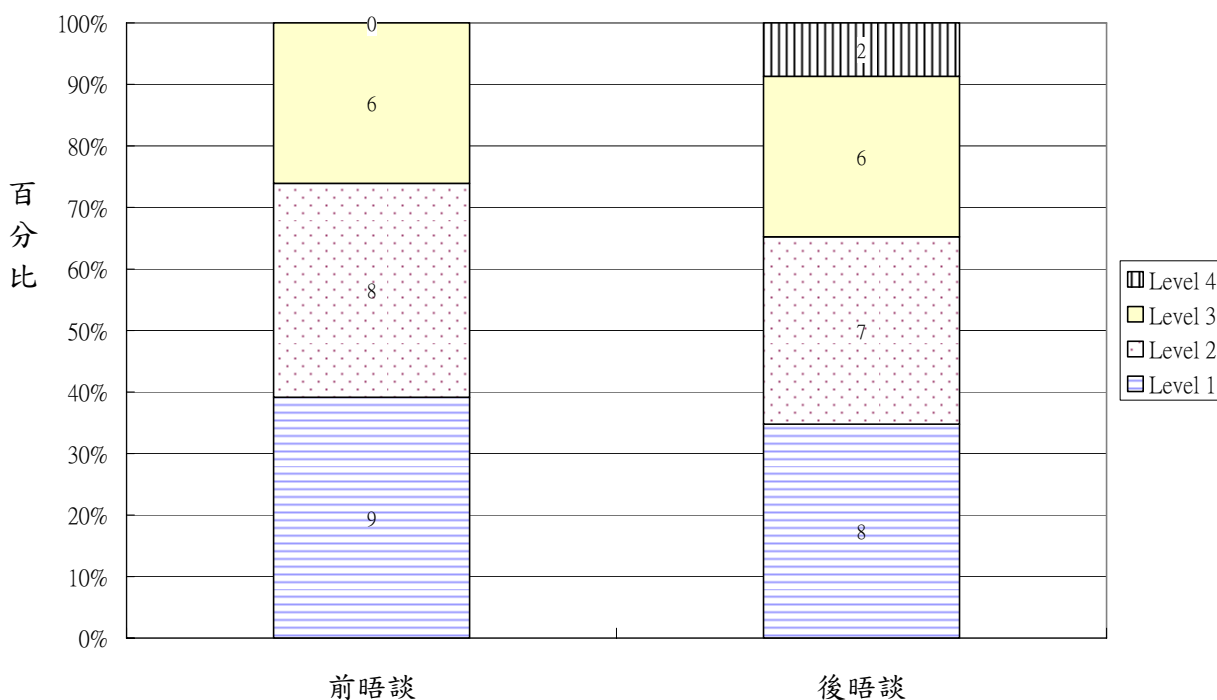


圖 4-1-6 提出證據支持主張的能力之編碼圖

四名晤談學生 209、210、211、429 的能力呈現倒退的現象，其中 209、211、429 都是由階層二倒退到階層一，學生於前測時所提出的證據中包含一組數據，但是於後晤談中學生所呈現的證據則為他們從表中所得到的主張（例如：太陽曬的時間的越多，所以長的越高），其原因可能為學生不清楚何謂證據，其可能和老師於課程中沒有清楚說明何謂「證據」有關。而學生 210 則是從階層三後退至階層二，其

可能代表學生只要提出數據就能夠表達出意義，而對於對於證據的品質沒有太大的認知和瞭解，或者有可能是學生認為教師已經瞭解資料的意義及重要性，因此不需要使用太多數據作為證據。學生 214 其狀況很不穩定，其指出變數間關係的能力呈現倒退的現象，除了上述，其他的學生都呈為持原來程度或呈不等之成長。

科學解釋測驗前後測結果，也顯示學生提出證據支持主張的能力未有顯著差異，其成長趨勢並不明顯，此二者的結果相似，由此可知，學生提出證據支持主張的能力雖略有成長，但是成長幅度很小。

以下將呈現學生前後晤提出證據支持主張的能力成長的情形，學生 207 在前晤談時其提出證據支持主張的能力為階層二，學生認為豆子一到豆子五的曬太陽時間和植物生長高度的數據表可以做為證據，而在後晤談中，學生提出證據支持主張的能力成長為階層三，學生能提出圖表中的二組數據以作為證據支持主張。

207 前晤談

R：那你可以從這個表裡面提出證據告訴我，你剛剛說的曬太陽比較久，陽光比較充足，發育的會比較快，要你提出證據的話

207：就看他們曬太陽的時間阿

R：恩，哪一個曬太陽的時間？豆一子到豆子五嗎？

207：恩，豆子一到豆子五

R：豆子一跟豆子五喔？

207：不是，全部

R：全部喔，怎麼看？你可以把數據念出來嗎？

207：太陽的時間還有高度

R：喔

207 後晤談

R：你可以提出證據支持你剛說的嗎？

207：自己實驗

R：那如果這個表裡面呢？你可以提出證據嗎？

207：可以，時間還有高度

R：時間還有高度怎麼了？如果要你從這個表提出證據的話你會提出哪一些做為證據？

207：時間小時還有高度

R：那是你是會列出這兩排（指著曬太陽時間和植物生長高度時間）全部的數字嗎？

207：這兩個（指著豆子一和豆子三）

R：哪兩個？

207：豆子一和豆子三

R：喔，你會列出豆子一和豆子三嗎？

207：恩

從上述資料中可以發現，在前晤談中，學生在提出證據支持主張時，即使晤談者給予引導，學生還是認為只要提出整個表，就能夠作為證據支持其所提出的主張，又或者學生認為他不需要多做說明，晤談者就已經知道其中的意義，而在後晤談中可以看到學生一開始認為只要做一次實驗就可做為證據支持主張（可和後面實務認識論呼應），而在晤談者的引導下，學生在最後有明確的指出圖表中的兩組數據作為證據支持主張。

經由歸納整理晤談資料可以發現，學生在提出證據支持主張時，學生所提出的證據主要可以分為以下四種：

- （1）在前後晤談各有四位學生會認為題目所給的表或圖就可以作為證據，並沒有給予任何說明，例如：認為證據為「題目上的表」或「上面的圖」，其可能表示學生認為只要提出整個表，就能夠作為證據支持其所提出的主張，又或者學生認為他不需要多做說明，晤談者或教師已經瞭解資料所表示的意義。階層二學生會有這樣的情形出現。
- （2）前晤談中有五位學生，後晤談中有四位學生會引用一組資料，但在說明該組數據時學生會用比較的詞彙來說明，例如：學生認為證據為豆子一，他曬太陽時間最久，長高高度為最高，其可能表示學生認為只需說明一組數據就可以表示資料所表示的意義。階層二學生會有這樣的情形出現。
- （3）在前後晤談中各有六位學生引用兩組的資料，並沒有呈現出全部的資料（至少三組數據），例如：學生認為證據為豆子一曬太陽時間十四小時，長得最高，豆子三曬太陽時間為六小時，長得最矮。階層三學生會有這樣的情形出現。
- （4）在後晤談中有兩位學生學生呈現出引用三組以上的資料作為證據，例如：學生認為證據為豆子三只曬六小時，長高七公分，然後豆子五四二他們曬十小時但是只長高九公分，豆子一他曬十四小時，長高十三公分。階層四學生會有這樣的情形出現。

學生提出證據支持主張的能力於後晤談中只有兩位學生的能力為階層四，其可能表示其他二十一位學生對於證據的品質沒有太大的認知和瞭解，認為只要提出數據就能夠表達出意義，或者有可能是學生認為教師已經瞭解資料的意義及重要性，因此不需要使用太多數據作為證據。

(四)、設計實驗以驗證主張

從圖 4-1-7 可以發現，前後晤談可發現階層一的人數減少了，而階層三、四的人數從原來的十一人增為十二人，其中階層三由原來的三人增為五人，階層四的人數從原來的八人減為七人；由此可知，學生設計實驗驗證主張之能力幾乎沒有成長，相對於指出變數間關係的能力和產生解釋的推理過程的能力，學生設計實驗驗證主張之能力的成長趨勢為小。

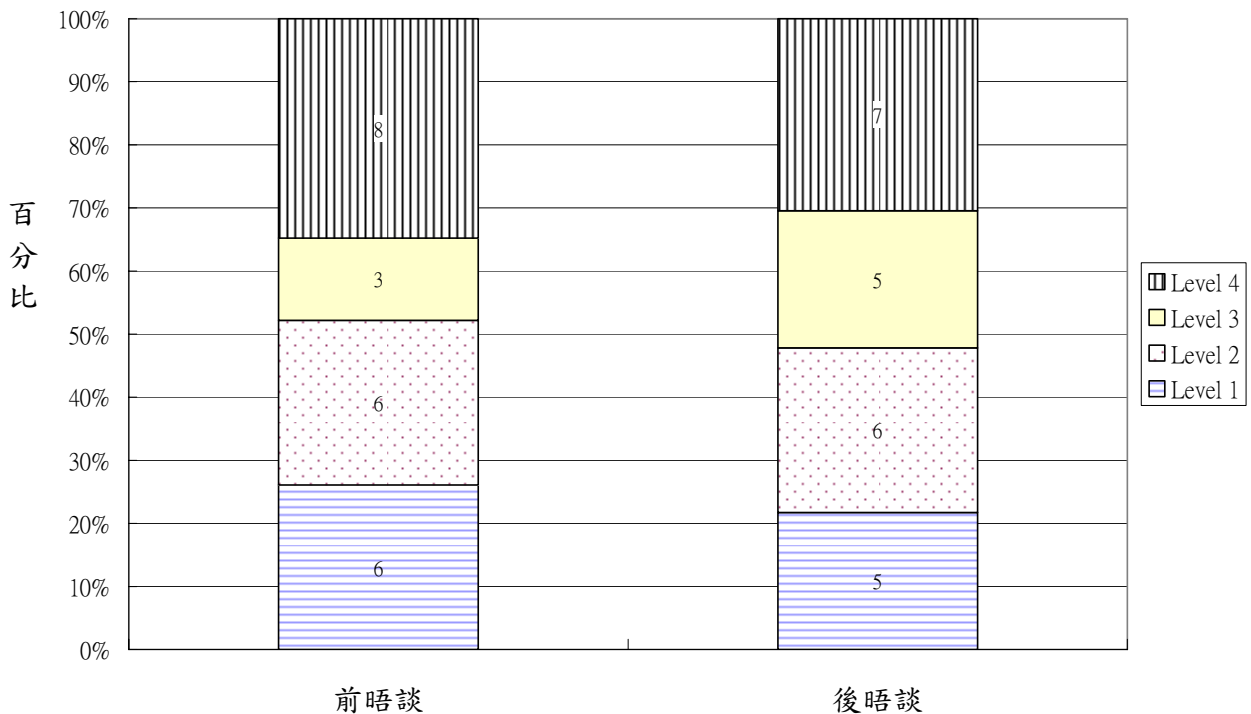


圖 4-1-7 設計實驗驗證主張的能力之編碼圖

有七位學生 208、212、214、217、426、430、434 在設計實驗以驗證主張的能力呈現後退的情形。學生 208 從階層四後退為階層三，該生在前晤談中，認為實驗

中除了操縱變因之外，其他的變因都要控制不變，而在後晤談中，該學生認為，除了操縱變因和豆子的種類之外，其他的變因都要控制不變，其可能為學生認為豆子種類的相同與否不會影響實驗，也就是說，學生可能認為不會影響實驗的變因不需要控制。學生 434 從階層四後退為階層三，該生在前晤談中，有提及實驗中需控制不變的變因，於後晤談中卻沒有提到，其有可能是該生較不重視控制變因的控制或者該生認為控制變因的控制為理所當然的，不需要特別說明。學生 212 從階層四後退至階層二，在前晤談中，該生提及要使用多組實驗，但於後晤談中，該生認為只要一組實驗即可。學生 426 則是由階層三後退至階層二，其在前晤談中，本沒有提及實驗所需的組數，因晤談者的詢問下，才提及實驗需兩組實驗，而於後晤談中，也未主動提及實驗所需要的組數，其可能代表該生雖能設計實驗驗證主張，但是學生認為實驗中與要有一組實驗包含操縱變因即可，而對於控制變因的概念很薄弱。學生 430 在電腦後晤談中對於該題的作答不完整，因此在評分者給予其階層一。學生 214 其狀況很不穩定，其指出變數間關係的能力呈現倒退的現象，除了上述，學生其他的學生都呈為持原來程度或呈不等之成長。

以下將呈現學生前後晤談中設計實驗以驗證主張的能力成長的例子，學生 209 在前晤談時，其設計實驗以驗證主張的能力為階層一，該生認為只要一組實驗其中和主張中的（操縱）變因符合即可，而在後晤談中學生設計實驗以驗證主張的能力成長為階層二，他認為要有兩組實驗，一組為澆水，一組為不澆水，雖有操縱變因的概念（實驗有兩組以上），但沒有指出實驗所需控制的變因。

209 電腦前晤談

R：那今天要你設計一個實驗告訴你的同學說植物沒有水分會枯死，你要怎麼設計這實驗？你可以用說的也可以寫，或者你要畫畫也可以

...

S：放一個植物在陽光下，只要讓他曬陽光就好，不要澆水，只要讓他曬陽光就好，不要給他水喝，然後他就會枯死

209 電腦後晤談

R：那問題六就是要請你設計一個實驗要你證明你剛剛說的「水分可以讓植物不要乾枯」是對的，那你會怎麼作這個實驗寫在這裡

S：（在問卷上所填寫的答案）種兩個植物，各種一個月，一個有澆水，另一

個不澆水，之後會發現一個（植物）好好的沒事，另一個（植物）卻乾枯了..

由上述資料可以發現在前晤談中，該生的實驗組只有一組，沒有操縱變因及控制變因的概念，而後晤談中該生的實驗有兩組，學生仍無控制變因的概念。另外，研究者發現，所有接受晤談的學生皆沒有實驗組和對照組的概念。

經由歸納整理晤談資料可以發現，學生在設計實驗以驗證主張時，主要可以分為以下三種：

- （1）在前後晤談中各有六位學生，在設計實驗以驗證主張時，雖然能清楚說明作實驗的步驟，在實驗中卻只有一組實驗，也沒有指出實驗所需控制的變因。而這類型的學生其指出產生解釋的推理過程的能力為最弱，為階層二的學生。
- （2）在前晤談中有三位學生，後晤談中有五位，在設計實驗以驗證主張時，雖有操縱變因之概念（實驗有兩組以上），但沒有指出實驗所需控制的變因（例如豆子種類、澆水時間、擺放位置等），並清楚說明作實驗的步驟。而這類型的學生其指出產生解釋的推理過程的能力為階層三的學生。
- （3）在前晤談中有八位學生，後晤談中有七位，在設計實驗以驗證主張時，能指出實驗所需控制的變因（例如豆子種類、澆水時間、擺放位置等）及操縱的變因，清楚說明作實驗的步驟。而這類型的學生其指出產生解釋的推理過程的能力為階層四的學生。

（五）、小結

由上述晤談資料歸納整理之後發現，學生指出變數間關係的能力進步和產生解釋的推理過程的成長趨勢較大，而提出證據支持主張的能力的成長趨勢則較小，另外，設計實驗驗證主張的能力幾乎沒有成長。

三、教室錄影資料分析

在本探究活動中，學生都是以小組為單位進行活動，因此本研究中將歸納分析焦點組在活動中科學解釋能力表現，並與焦點學生前後晤談之科學解釋能力整合，

以便於完整地呈現學生在本探究活動中科學解釋能力成長的情形。另外，由於本研究中所收集到的教室觀察資料不如預期豐富，在活動中並非每組學生都有機會呈現出其科學解釋的能力，而晤談中的資料較豐富，學生能夠清楚地呈現自己科學解釋的能力，因此本研究中，晤談的編碼和教室活動中的編碼不同。

（一）、指出變數間關係

由表 4-1-10 可知，除了第四組只有在活動時中有呈現指出因果關係的能力以外，第二、三、五組隨著活動二、九、十的進行，指出變數間關係的能力皆有成長。在表 4-1-11 中，除了第一組 208 和第二組 215 原來於前晤談中指出變數間關係的能力為階層四的學生以外，第二及第三組中的核心組員前後晤談的指出變數間關係的能力都有進步，另外，核心組員以外的組員指出變數間關係的能力亦維持原來程度或呈不等之成長，且小組中核心成員的科學解釋能力程度的成長和教室活動資料中所呈現的各組科學解釋能力程度的成長有相互對應。整體而言，學生指出變數間關係的能力是有成長的。各組學生於活動中指出變數間關係能力的程度歸納於表 4-1-7，而表 4-1-8 則為焦點學生指出變數間關係的能力之晤談編碼結果。

第四組的組員小組互動情形是較其他三組為差，活動的進行經常受到組員情緒的影響而中斷，上課也常在聊天，因此，學生討論和發表的機會都較他組為少，進度亦常落後其他小組，只有於活動十中，經教師引導後才表現出指出變數間關係的能力，且核心組員指出變數間關係的能力幾乎持平。

表4-1-7 指出變數間關係的能力之教室編碼結果

活動	第一組	第二組	第三組	第四組
活動二	中 (1)	無	無	無
活動九	無	中 (1)	低 (1)	無
活動十	高 (1)	高 (1)	高 (1)	中 (1)

Note：() 的數字表示在該活動中的出現次

表4-1-8 焦點學生指出變數間關係的能力之晤談編碼結果

指出變數間關係											
第一組			第二組			第三組			第四組		
學生	前	後	學生	前	後	學生	前	後	學生	前	後
207*	3	4	213	1	2	426*	2	2	417*	2	4
208*	4	4	214	2	1	428*	2	3	431	2	4
212	1	4	215*	4	4	429	2	2	434*	4	4
209*	2	4	216	2	2	425*	3	4	418*	4	4
210	4	4	217	2	2	427	2	2	432	2	2
211	2	2				430	4	4	433	1	2

Note：「*」表示該學生在該組中為核心組員

另外，由表 4-1-7 可以發現，在各組於首次發表時皆需要教師的引導，才能夠指出變數間的關係，其可能是因為學生過去並沒有被指導要如何做完整的報告，也沒有太多的經驗，因此學生常不知道自己上台要報告些什麼內容，而導致學生常只說明自己的實驗過程或實驗設計，因此學生在發表時，常需要教師給予引導和提示，才能指出變數間的關係。以下將呈現第一組的學生有於活動二中所呈現指出變數間關係的能力，而在活動二中由於時間上的限制，所以只有 209 代表第一組發表。

T：好，第一組要報告，不是指告訴我數字唷，你還要告訴我怎麼做的喔
 209：第五個（硬幣長度是）九點二，我們是先看一個硬幣是多重，然後在慢慢加起來，看是不是對的
 T：看什麼？
 209：是不是對的？
 T：怎麼對？因為那是你測量的阿，怎會麼對不對？
 T：你放幾個硬幣，然後怎麼樣？
 209：變長
 T：然後變長的數字就把他記起來
 T：阿你們發現什麼？
 209：加一個硬幣然後他們的長度就會增加零點九
 T：他說後來發現慢慢增加硬幣，他長度增加的情況好像也逐漸增加，是不是？
 209：對

由上述資料可知，雖然第一組的核心成員為 207、208 和 209，而學生 207、208

在前晤談中指出變數間關係的能力為階層三和四，學生 209 為階層二，但由於在小組發表時，是由學生 209 代表第一組發表，因此第一組在活動二中指出變數間關係的能力為中，而其可能代表學生在小組討論中雖然知道實驗中變數間的關係為何，但學生 209 在發表時卻不清楚自己需要報告什麼樣內容，只說明自己的實驗過程，而在經過教師的引導和提示，才能指出變數間的關係。

(二)、產生解釋的推理過程

由表 4-1-9 可知，隨著活動的進行，除了第二、三組產生解釋的推理過程的能力則都為高能力，第五、六組在產生解釋的推理過程的能力皆有成長。而在表 4-1-13 中可以發現，除了各組的核心成員 208、215、425 及 418、434 於前後晤談中其產生解釋的推理過程的能力皆為階層四，學生 214 及 432 呈後退之外，其他的核心成員及其他組員的產生解釋的推理過程的能力則是呈現不等的成長或持平的，整體而言，學生產生解釋的推理過程能力是有成長的。各組學生產生解釋的推理過程能力的程度歸納於表 4-1-9，而表 4-1-10 則為焦點學生產生解釋的推理過程的能力之晤談編碼結果。

而表 4-1-9 及表 4-1-10 中發現，第二、三組主導討論的核心成員 207、208 及 215 於前後晤談中其產生解釋的推理過程的能力皆為階層四，而於小組所呈現出的產生解釋的推理過程的能力都屬於高能力，而第五、六組中，雖然第三組的核心成員 425 及第四組的核心成員 418、434 的前後晤談為階層四，但於教室資料中，小組所呈現出的產生解釋的推理過程的能力為屬於中或低能力，其可能是由於第五、六組並非像第二、三組一樣由特定組員做決定，而是由幾個組員討論決定，因此其小組所呈現的產生解釋過程的能力是小組核心成員討論的結果，各小組產生解釋的推理過程的能力的呈現和各組核心成員產生解釋的推理過程的能力有相互對應。

表4-1-9 產生解釋的推理過程的能力之教室編碼結果

活動	第一組	第二組	第三組	第四組
活動二	高 (2)	高 (1)	無	無
活動九	無	高 (1)	中 (1)	低 (1)
活動十	高 (1)	高 (1)	高 (1)	中 (1)

Note：() 的數字表示在該活動中的出現次數

表4-1-10 焦點學生產生解釋的推理過程的能力之晤談編碼結果

產生解釋的推理過程											
第一組			第二組			第三組			第四組		
學生	前	後	學生	前	後	學生	前	後	學生	前	後
207*	4	4	213	1	2	426*	2	2	417*	2	3
208*	4	4	214	2	1	428*	2	4	431	2	3
212	2	3	215*	3	4	429	2	2	434*	4	4
209*	2	2	216	2	2	425*	4	4	418*	4	4
210	4	4	217	1	1	427	1	2	432	2	1
211	2	2				430	2	2	433	1	1

Note：「*」表示該學生在該組中為核心組員

另外，各小組產生解釋的推理過程的能力的呈現主要是在實驗進行中及各組實驗後討論時，其呈現的能力可能會和核心成員的能力相互對應。以下將呈現第二組於活動十進行槓桿實驗時，學生 215 和其他組員對話中所呈現產生解釋的推理過程能力。

215：（動手掛砝碼）左邊的第四格掛兩個，等一下喔，阿這裡（距離支點右邊一單位）掛八個，是第六圖的第一個答案

216：（根據 215 所說的做）在右邊一（單位）掛八個砝碼

215：↘右邊四個也可以耶，在右邊第二個掛四個

215：我們解出三個就好了，我猜這邊掛兩個也可以（在三掛二個，在二掛一個，之後在三掛一個，二掛一個，一掛一個）

...

215：噢！我知道了（動手去掛，在三掛二，二掛一），就平（衡）了

215：↘我知道了拉，這樣子不是四乘於二就是八，然後這邊不是三乘於就是六，然後這邊再一個二，六加二等於八

213：哦

216：（附和 215）看那個數據阿如果數據相同的話就會平行（平衡）

215：五跟三也可以（在五掛一，三掛一），五跟三也可以

216：真的耶

...

T：（問第二組）你覺得有什麼方法？

216、215：這個四乘二是八，然後這個五加三也是八

T：那別的方法呢？照你講的應該是八，那就有很多種可能嘛！對不對

215：(掛另外一種方法，三掛二個，二掛一個)你看八阿

從上述資料可以發現，第二組學生能夠精確地說明/描述產生因果關係的推理過程，學生 215 產生解釋的推理過程能力較其他組員為高，於進行槓桿實驗時幾乎是由學生 215 主導實驗的進行，而學生 216 則擔任助手；在推理過程中，亦是由學生 215 主導，而其他組員也認為學生 215 的推理是對的；在回答教師所提出的問題時，也幾乎都由學生 215 回答，因此，該組所呈現的產生解釋的推理過程的能力很明顯地受到學生 215 個人產生解釋的推理過程的能力的影響。

（三）、提出證據支持主張

從表 4-1-11 可以發現，隨著活動的進行第二、三組的提出證據支持主張的能力有成長，而第三組只有在活動十中，有呈現出提出證據支持主張的能力，且能力為中，而第四組在活動中則沒有呈現出提出證據支持主張的能力，其可能表示學生在本探究活動中有較少的機會使用提出證據支持主張的能力。在表 4-1-12 中，除了七位學生 207、215、216、213、425、427、418 提出證據支持主張的能力有成長之外，其餘的學生都提出證據支持主張的能力維持原來程度或後退的情形。整體而言，學生提出證據支持主張的能力雖是略有成長的，但是成長趨勢很小。各組學生提出證據支持主張能力的程度歸納於表 4-1-11，而表 4-1-12 則為焦點學生提出證據支持主張的能力之晤談編碼結果。

表 4-1-11 及表 4-1-12 中發現，第二、三組主導討論的核心成員 207 及 215 於晤談中其提出證據支持主張的能力皆有成長，而第一組的 208 提出證據支持主張的能力則持平，為階層三，而於教室觀察資料中，第二、三組所呈現出的產生解釋的推理過程的能力由屬於低能力分別成長為中能力及高能力，而第三組的核心成員 426 及 428 於晤談中其提出證據支持主張的能力持平，而 425 則成長為階層三，而在教室觀察資料中，第三組只於活動十中有呈現出提出證據支持主張的能力，為中能力，與第一組活動十中的程度相同，而第四組在活動中則沒有呈現出提出證據支持主張的能力，由上述資料可知，除第四組外，其餘三組核心成員之提出證據支持解釋的能力和各小組提出證據支持解釋的能力有相互對應。

表4-1-11 提出證據支持主張的能力之教室編碼結果

	第一組	第二組	第三組	第四組
活動二	低 (1)	無	無	無
活動九	無	低 (1)	無	無
活動十	中 (1)	高 (1)	中 (1)	無

Note：()的數字表示在該活動中的出現次數

表 4-1-12 焦點學生提出證據支持主張的能力之晤談編碼結果

提出證據支持主張											
第一組			第二組			第三組			第四組		
學生	前	後	學生	前	後	學生	前	後	學生	前	後
207*	2	3	213	1	4	426*	3	3	417*	2	2
208*	3	3	214	2	1	428*	3	3	431	2	2
212	1	1	215*	3	4	429	2	1	434*	3	3
209*	2	1	216	1	2	425*	1	2	418*	1	2
210	3	2	217	1	1	427	1	3	432	2	2
211	2	1				430	1	1	433	1	1

Note：「*」表示該學生在該組中為核心組員

相較於指出變數間關係的能力及產生解釋的推理過程的能力在活動中出現的頻率而言，提出證據支持主張的能力在活動中出現的頻率較少，其代表在此探究活動中學生較少使用證據支持所提出的主張，而且，於活動中教師也沒有引導學生提出證據支持主張，也對於主張和證據間的連結及證據的品質等相關議題也沒有加以說明和討論，其可能是學生提出證據支持主張的能力的成長趨勢較其他兩個能力為小原因之一。

(四)、小結

由上述教室觀察資料歸納整理之後發現，在活動中，學生有較多的機會可以使用、練習產生解釋的推理過程的能力，次之為指出變數間關係的能力，而提出證據支持主張的能力在活動中出現的頻率最少。而學生指出變數間關係的能力進步和產生解釋的推理過程的成長趨勢較大，而提出證據支持主張的能力的成長趨勢則較

小，而其可能表示若探究課程中有較多的活動或機會讓學生使用科學解釋能力，對於學生的科學解釋能力成長也許有幫助。

四、總結

從科學解釋能力測驗、焦點學生晤談及教室觀察的資料中均顯示，學生指出變數間關係的能力和產出解釋的推理過程的成長趨勢較大，而提出證據支持主張及設計實驗驗證主張的能力的成長趨勢則為最小。

歸納整理教室觀察及晤談資料發現，學生在教室觀察資料中的表現可能會受到以下兩個原因影響：

- (1) 整組的表現可能會受到該組核心成員或較高表達能力同儕的影響。
- (2) 在小組發表時，該小組的表現可能會受到該組報告的成員表達能力及教師引導的影響。

因此，部分學生在教室觀察資料中的表現大體而言會比個人在晤談中的結果為高。

另外，科學解釋能力測驗的量化資料中顯示，學生產生解釋的推理過程的成長趨勢較學生指出因果關係的能力為多，其可能的原因可能和學生在教室觀察資料中，學生有較多的機會可以使用、練習產生解釋的推理過程的能力有關，因為若學生在本探究活動中有較多的機會使用練習產生解釋的推理過程的能力，則該能力的成長趨勢則有可能較多。因此，整體而言，學生產生解釋的推理過程的成長趨勢較大，指出變數間關係的能力則次之，成長幅度最小的為提出證據支持主張的能力。