

第四章 資料分析與研究結果

本研究旨在依據設計導向科學學習原理，編製動手探究的活動，透過編製作活動讓原住民學生學習力學的科學概念；並探討在透過設計活動後，學生在情意、認知與技能等面向的進步情形。

針對上述之研究目的，本章將分成四節討論。第一節將探討學生的族群認同，研究者以統計方法分析族群認同部分前後測的試題，以瞭解學生族群認同的改變情形；用以回應研究問題一：課程前後學生對其族群認同的改變情形？第二節將探討學生的科學態度，以統計方法分析科學態度部份前後測的試題，以瞭解學生科學態度的改變情形；用以回應研究問題二：課程前後學生對科學的態度之改變情形？第三節則將探討學生的概念理解，研究者先將學生概念試題的前後測部份以量化的方法分析，接者再呈現與分析學生前後晤談中概念理解與應用的部份；用以回應研究問題三：課程前後學生對力學概念理解的改變情形？最後於第四節探討學生的過程技能，以質性方法分析學生前後晤談中過程技能部份；用以回應研究問題四：課程前後學生在過程技能的改變情形？

第一節 族群認同的改變情形

本節中，將以統計方法分析族群認同之整體試題與各分組的前後測分析探討學生的族群認同，藉以瞭解學生族群認同的詳細改變情形；並從族群量表中的「身分與投入」與「族群態度」兩個向度的試題探討中，了解本研究之設計活動對學生在此兩個向度的影響為何。

一、族群認同量表前後測資料之探討

研究者以「族群認同與科學態度」問卷量表，並以其中之族群認同部分試題來評量八年級原住民學生對其族群所持有之態度情形；試題共計 20 題，為 Likert 五點量表，將受試學生前、後測結果各 28 份，以統計套裝軟體 SPSS 進行無母數 Wilcoxon 符號檢定法，來分析前、後測之間是否達顯著差異。

以下將分別從整體前後測與各分組前後測兩個部份詳述之。

(一) 族群認同整體前後測

從表 4-1-1「前後測描述性統計量」可以發現，受試學生在經過設計活動結束後，整體族群認同的表現上後測是有 4.07 分的提升（後測 $M=75.57$ ）。單就前測部份之描述性統計來說，表 4-1-1 亦呈現受試學生在尚未接受設計活動的教學前，原本對其所屬族群的認同就很高（ $M=71.43$ ）。推測其原因，主要是因為其從小到大、從小學到中學，幾乎都是在同一個學區就讀；而且雖於假日之中偶有接觸其他族群的觀光客，在其生活裡仍與同部落的族人一同生活，並且也喜歡跟部落的族人一同生活，因而造成此種高族群認同的狀態（蔡春蘭，2004）。試題舉例如下：

【試題舉例 3：】

17.在生活上，因為原住民比較難相處，所以我會比較喜歡和漢人相處在一起。

在被問及與漢人生活之議題時，學生作答情形勾選同意的作答者佔 10.7%；勾選不同意與非常不同意的作答者合計為 57.2%；無意見者為 32.1%。顯示學生多半不認為與部落的族人一同生活是困難的。

表 4-1-1 族群認同量表整體前後測之描述性統計量

族群認同	人數	平均數	標準差	最小值	最大值
前測	28	71.43	7.95	60	91
後測	28	75.57	8.80	58	92

表 4-1-2 族群認同量表整體前後測

前測-後測（整體）	人數	等級平均數	等級總和	Z 檢定	顯著性（雙尾）
負等級	3 (10.71%)	7.67	23.00	-3.36	0.001 (*)
正等級	19(67.86%)	12.11	230.00		
等值結	6 (21.43%)				
總和	28				

並從表 4-1-2 中，呈現了其後測分數高於前測的所得分數之正等級者共有 19 人（67.86%）、後測分數低於前測的所得分數之負等級有 3 人（10.71%），而前、後測之間得分相同之等值結則有 6 人（21.43%）；顯示大部分的學生在設計活動

之後，其族群認同的得分是有進步的。且其前後測之 Wilcoxon 符號檢定的結果表現亦達顯著差異 ($Z=-3.36, p=0.001 < .05$)。

族群認同量表之作答狀況可從表 4-1-3 可以發現，受試學生前測的作答普遍偏向分數較高的「同意」選項此與表 4-1-1 所見一致，顯示學生原本就具有較高的族群認同。

再從前後測之作答狀況來看，第 2、3、4、6、7、13 題前、後測作答有顯著的提升；其中 2、4、13 題為族語使用的相關問題，第 2 題「如果我會說我的族語，我會很願意在家裡用族語跟家人交談」、第 4 題「我會主動告訴別人我的原住民名字並教他怎麼唸」、第 13 題「在公共場合中，如果我和要與我講話的人都會說國語、台語、客家語及我的族語，那麼我會選擇用我的族語跟他交談」，從這三題的作答結果來看可以發現，設計活動結束之後學生對族語使用的意願提升了。

第 6、7 題為對原住民特有文化與風俗習慣的相關問題，第 6 題「我會主動向老師或同學介紹我所知道的原住民特有的文化」、第 7 題「原住民有各種對祖靈的祭典及風俗習慣，我認為這些風俗習慣，值得介紹給我的漢人朋友了解」，從這兩題的作答結果來看可以發現，學生在設計活動結束之後願意與人分享其原住民身分及相關祭典儀式的人數增加了。

第 3 題「我覺得我既然是原住民，就應該要學習原住民傳統的籐編、織布等等的技藝」從結果來看可以發現，設計活動結束之後學生認為身為原住民就應該學習原住民傳統的技藝。

由上述之分析結果可知，學生在經過本研究之設計活動後，其族群認同量表的整體表現上有顯著的進步。此項結果顯示本研究的設計活動可以有效促進學生建立對其族群的認同；且學生在族語使用、族群身份與傳統技藝學習的同意度均有提升。

表 4-1-3 族群整體之作答狀況

題號	前測		後測		Wilcoxon 符號檢定	
	平均數	標準差	平均數	標準差	Z 檢定	顯著性 (雙尾)
1	4.00	0.67	4.14	0.76	-0.92	0.36
2	3.79	0.88	4.07	0.86	-2.53	0.01 (*)
3	3.61	0.69	4.11	0.74	-3.13	0.00 (*)
4	3.04	1.00	3.57	1.10	-2.84	0.01 (*)
5	4.11	0.88	4.36	0.83	-1.54	0.12
6	3.25	0.84	3.64	0.83	-2.67	0.01 (*)
7	3.18	0.86	3.61	0.74	-2.68	0.01 (*)
8	3.71	0.81	3.82	0.91	-0.94	0.35
9	3.36	0.83	3.54	0.88	-1.25	0.21
10	3.61	0.96	3.82	1.06	-1.35	0.18
11	3.50	0.96	3.71	0.85	-1.17	0.24
12	2.86	0.97	3.21	1.23	-1.65	0.10
13	3.07	0.98	3.64	0.99	-2.82	0.01 (*)
14	3.52	0.94	3.67	0.78	-0.94	0.35
15	3.93	1.15	3.86	1.24	-0.64	0.52
16	3.82	1.16	4.04	1.14	-0.97	0.33
17	3.75	1.01	3.75	1.24	-0.09	0.93
18	3.71	1.01	3.46	1.04	-1.19	0.24
19	4.29	0.85	4.25	0.93	-0.38	0.71
20	3.46	0.96	3.43	1.17	-0.58	0.56

(二) 高、中、低各組前後測

在比較過整體受試學生在族群量表前後測表現之後，研究者從族群認同之前測試題中，所得之測驗分數分成高認同、中認同與低認同三組；以此三組做為依據分別針對各組之受試學生於接受教學活動前後族群認同的進步情形進行探討。

從圖 4-1-1 各組之前後測平均分布圖，可以發現高中低各組之後測得分均有增加，而從其斜率來看是為低認同組在後測之表現上進步幅度最多 (+6.55)；詳細情形以下分各組討論之：

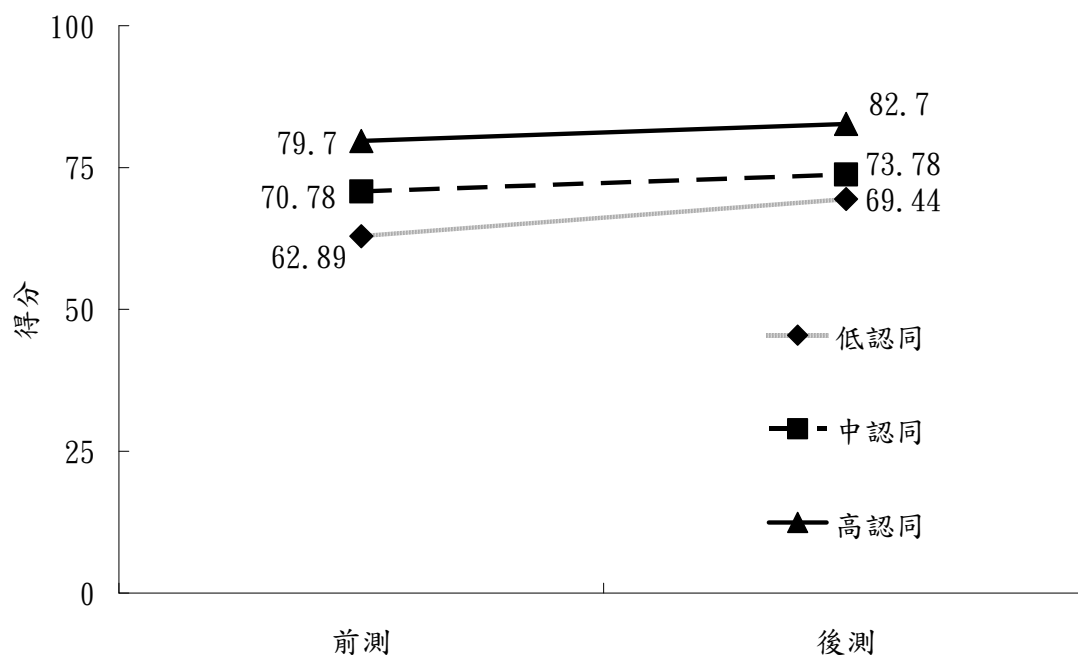


圖 4-1-1 高中低各組之前後測平均分布圖

表 4-1-4 高中低各組之描述性統計量

	人數	平均數	標準差	最小值	最大值	Z 檢定	顯著性 (雙尾)
高認同							
前測	10	79.70	5.54	69	91	-1.61	0.108
後測	10	82.70	6.75	74	91		
中認同							
前測	9	70.78	1.39	68	72	-2.03	0.042 (*)
後測	9	73.78	2.73	71	78		
低認同							
前測	9	62.89	2.98	58	67	-2.04	0.042 (*)
後測	9	69.44	9.66	60	92		

(1) 高認同

從圖 4-1-1 與表 4-1-4 中可以發現，前測中具有較高之族群認同的學生，在設計活動結束後，其族群認同的表現進步了 3 分（後測 $M=82.70$ ）。再依據表中之 Wilcoxon 符號檢定的前後測結果來看可以發現，後測分數雖然是有進步的，但前後測之間卻無顯著的差異（ $Z=-1.61, p=0.108 > .05$ ）。

高認同的受試學生在族群認同量表之作答狀況可從表 4-1-5 可以發現，前測的作答分數分布於較高的 3.20 至 4.80 之間，顯示高態度的學生在前測時，原本

對其所屬族群具有相當高的認同感，因此，本組學生在後測的部分試題中，呈現後測得分不如前測的上限效應（ceiling effect）現象，即受試者得分接近或達到上限時，該測驗原訂之上限或教學策略對受試者所產生的影響將有限（張春興，1989）。

雖然高認同學生的表現有上限效應現象，然而從表 4-1-5 中前後測之作答狀況來看可以發現，第 11、12 兩題之前、後測作答仍有顯著的提升。其中第 11 題「當別人讚美原住民時，我會覺得就像在讚美我一樣」，顯示在設計活動之後，學生認為自己與原住民分享相同的榮耀。第 12 題「我希望別人叫我時，都是用原住民的名字，而不要用現在的國語名字叫我」，顯示學生在設計活動之後，更傾向於使用自己族語的名字來稱呼自己。

表 4-1-5 高認同學生之作答狀況

題號	前測		後測		Wilcoxon 符號檢定	
	平均數	標準差	平均數	標準差	Z 檢定	顯著性（雙尾）
11	4.10	0.88	4.10	0.88	-2.12	0.03 (*)
12	3.20	1.03	3.80	0.92	-2.07	0.04 (*)

(2) 中認同

從圖 4-1-1 與表 4-1-4 中可以發現，前測結果為中認同的學生，在設計活動結束後，其族群認同的表現進步了 3 分（後測 $M=73.78$ ）。

表 4-1-4 中的 Wilcoxon 符號檢定的前後測結果來看可以發現，在中認同組的學生有半數以上，在設計活動結束之後其族群認同是有進步的。且其前後測之分數達顯著差異（ $Z=-2.03, p=0.042 < .05$ ）。

中認同的受試學生在族群認同量表之作答狀況可從表 4-1-6 可以發現，本組的學生在族群認同試題的後測表現普遍都是有提升的。且在第三題是有顯著進步的，此題與上述整體族群之表現相符，表示設計活動結束之後學生認為身為原住民就應該學習原住民傳統的技藝。

表 4-1-6 中認同學生之作答狀況

題號	前測		後測		Wilcoxon 符號檢定	
	平均數	標準差	平均數	標準差	Z 檢定	顯著性 (雙尾)
3	3.22	0.44	3.78	0.67	-2.24	0.03 (*)

(3) 低認同

從圖 4-1-1 的前後測趨勢圖可以發現，低認同的學生在後測分數的提升幅度較其他兩組來得明顯；再從表 4-1-4 中可明確知道，本組之學生在設計活動結束後，其族群認同的表現進步了 6.55 分（後測 $M=68.44$ ）。

並從表 4-1-4 中的 Wilcoxon 符號檢定的前後測結果可以發現，低認同中大部分的學生，在設計活動結束之後其族群認同是有進步的。且其前後測之分數達顯著差異 ($Z=-2.04, p=0.042 < .05$)。

從表 4-1-7 可以發現，低認同的受試學生在族群認同量表之作答狀況，本組的學生在族群認同試題的後測表現普遍都是有提升的。其中在第 2、3 此兩題是有達顯著進步的，此兩題也與上述整體族群之表現相符，表示設計活動結束之後學生對於族語的使用與原住民傳統技藝的學習其同意度是有正向的提升。

表 4-1-7 低認同學生之作答狀況

題號	前測		後測		Wilcoxon 符號檢定	
	平均數	標準差	平均數	標準差	Z 檢定	顯著性 (雙尾)
3	3.56	0.73	4.33	0.71	-2.33	0.02 (*)
4	2.56	1.01	3.44	1.33	-2.33	0.02 (*)

綜合上述之分析結果可知，原本對其所屬族群持有較低認同的中、低分組之受試學生，在設計活動結束之後，對其本身族群的認同在量表分數表現上有顯著進步；且在學習原住民傳統技藝的同意度上均有比前測時提升。此結果顯示本研究之設計活動，不僅可以促進受試學生建立其族群認同；尤其針對原本對其族群認同感較低之學生在建立其族群認同更為顯著。

二、量表中各面向的比較

本研究在族群認同部份的試題，依據預試之試題分析中以因素分析的方法，

可區分為「身份與投入」十四題與「族群態度」六題兩個分項，以下將分別就此兩個分項進行探討之，並比較此兩分項對學生整體族群認同之影響情形。

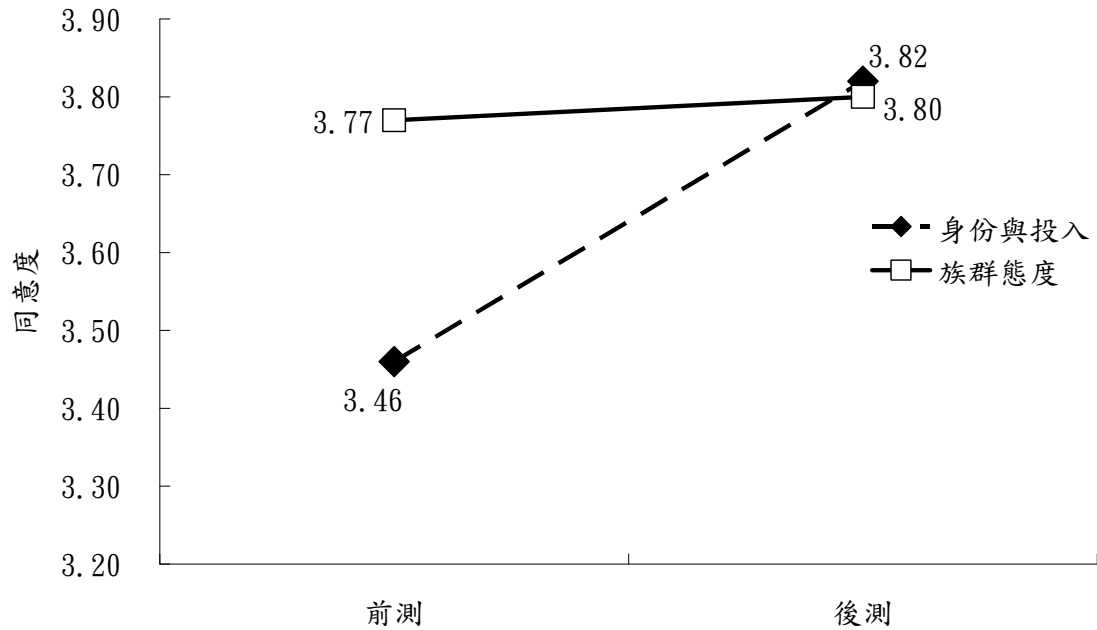


圖 4-1-2 族群各分項前後測平均同意度趨勢圖

表 4-1-8 身份與投入向度之描述性統計

	人數	平均數	標準差	最小值	最大值	Z 檢定	顯著性 (雙尾)
身份與投入							
前測	28	48.46	6.32	35.00	67.00	-3.53	0.00 (*)
後測	28	52.79	6.59	40.00	66.00		
族群態度							
前測	28	22.96	4.41	12.00	30.00	-0.81	0.420
後測	28	22.79	4.80	14.00	30.00		

(一) 身份與投入

從圖 4-1-2 的前後測趨勢圖中可看出，受試學生在身份與投入分項的前後測的得分是有提升；並從表 4-1-8 的圖表結果中可明確知道，在此一分項的前後測比較中，後測的分數較前測高出 4.33 分（後測 $M=52.79$ ）。

從表 4-1-8 中的 Wilcoxon 符號檢定的前後測結果可以發現，後測分數高於前測所得分數之正等級者有 3 人（10.71%）、後測分數為低於前測的所得分數之負

等級有 19 人 (67.87%)，而前、後測之間得分相同之等值結有 6 人 (21.42%)，表示隨著設計活動結束之後，大部分的學生在身份與投入此分項中的表現有進步的。且其前後測之分數達顯著差異 ($Z=-3.53, p=0.00 < .05$)。

此向度之作答狀況亦可由表 4-1-3 發現，受試學生在身份與投入分項的一至十四題，後測均有比前測的同意度來的高。

(二) 族群態度

從圖 4-1-2 與表 4-1-8 的圖表結果中可以發現，在族群態度的分項中，前測與後測之間僅有些微的差異 (-0.17)，其代表隨著設計活動結束之後，學生在族群態度此分項中並無太大改變。

從表 4-1-8 中的 Wilcoxon 符號檢定的前後測結果可以發現，後測分數高於前測所得分數之正等級者有 6 人 (21.43%)、後測分數為低於前測的所得分數之負等級有 14 人 (50.00%)，而前、後測之間得分相同之等值結有 8 人 (28.57%)，表示隨著設計活動結束之後，大部分的學生在族群態度此分項中的是成長未達統計上之顯著差異 ($Z=-0.81, p=0.42 > .05$)。

此向度之作答狀況亦可由表 4-1-3 發現，受試學生在族群態度分項的十五至二十題中，前、後測之間的得分確實並無太大的改變。

綜合上述之分析結果可知，在族群認同部分量表的「身份與投入」和「族群態度」此兩個分項中，隨著設計活動結束之後，受試學生在「身份與投入」之分項的表現較為顯著。此結果顯示本研究之設計活動對學生在對自身族群身份認同與參與族群活動的試題向度表現上有顯著提升。

三、總結

透過本結的研究資料分析，以回應研究問題一：「課程前後學生對其族群認同的改變情形？」根據上述之分析結果，可以發現：

族群認同整體前後測 Wilcoxon 符號檢定的結果顯示本研究設計設計活動，可以有效促進學生建立對其族群的認同；且學生在族語的使用、族群的身份與傳統

技藝的學習等題目之同意度均有提升。

本研究之設計活動，不僅可以促進受試學生建立其族群認同；尤其針對原本對其族群認同度較低之學生在建立其族群認同更為顯著；且中、低認同的學生均在學習原住民傳統技藝的同意度上均有比前測時提升。

本研究之設計活動對學生在對自身族群身份認同與參與族群活動的試題向度表現上有顯著提升。

第二節 對科學的態度之改變情形

本節中，將以統計方法分析科學態度之整體試題與各分組的前後測分析探討學生的族群認同，藉以瞭解學生對科學事物所持態度的詳細改變情形；並從量表中的「上課態度」、「科學原理」、「學校課程」與「生活中的科學」等四個向度的試題探討，了解設計活動對學生在各向度的影響為何。

一、科學態度量表前後測資料之探討

研究者以「族群認同與科學態度」問卷量表作為工具，以其中之科學態度部分試題來評量八年級原住民學生對科學所持有的態度；試題共計 25 題，為 Likert 五點量表。將受試學生前、後測結果各 28 份，以統計套裝軟體 SPSS 進行無母數 Wilcoxon 符號檢定法，來分析前、後測之間是否達顯著差異。

以下將分別從整體前後測與各分組前後測兩個部份詳述之。

(一) 科學態度整體前後測

受試學生在經過設計活動之後整體科學態度的表現上，從圖 4-2-1 之「前後測描述性統計量」可以發現，整體而言，科學態度的前後測比較中，在活動之後學生的科學態度進步了 3.82 分（後測 $M=91.14$ ）；並可從表 4-2-1 中發現，不僅後測之平均得分高於前測，學生在後測之最小、最大值（76,109）也是高於前測的最小、最大值（64,107）。

表 4-2-1 中，呈現了其前、後測的所得分數相減後之正等級者共有 16 人

(57.14%)、負等級有 9 人 (32.14%)，而前、後測之間得分相同之等值結則有 3 人 (10.72%)；顯示半數以上的學生在設計活動之後，對科學事物態度的得分是有進步。且其前後測之 Wilcoxon 符號檢定的結果表現亦達顯著差異 ($Z=-1.98$, $p=0.048 < .05$)。

表 4-2-1 科學態度整體前後測描述性統計量

科學態度	人數	平均數	標準差	最小值	最大值	Z 檢定	顯著性 (雙尾)
前測	28	87.32	10.02	64	107	-1.98	0.048 (*)
後測	28	91.14	9.30	76	109		

從表 4-2-2 各題項之平均作答狀況中可知，在前測中每題的平均分數約為 3.5 (87.32/25)，這表示學生在前測時的初始科學態度是偏於正向的。

在科學態度的各題項之前後作答中，第 27、32、37 三題前後測有達顯著差異，其中 27 題「我覺得每個人都應該學習自然與生活科技課中的科學原理」，從結果來看，受試學生在設計活動結束之後，對於學習自然與生活科技課中的科學原理有更正向的態度。32 題「我覺得上自然與生活科技課是一件很有趣的事」，在經過設計活動之後，受試學生偏向於認為上自然課是很有趣的。37 題「如果學校所教的自然與生活科技課可以加入更多關於原住民的事物，我會更有興趣去學習」，受試學生在設計活動結束之後，傾向於認為加入原住民相關的事物，會提高其學習的興趣。

由上述之資料分析結果可知，受試學生在科學態度的整體前後測表現上是有顯著的進步，即表示本設計活動可以有效促進學生建立對科學事物所持有的態度。而且整體受試學生在學習自然與生活科技課中的科學原理、認為上自然課是很有趣的與加入原住民相關的事物，會提高其學習的興趣此三個議題上的同意度均有顯著的提升。

表 4-2-2 科學態度中各題項之平均作答狀況

題號	前測		後測		Wilcoxon 符號檢定	
	平均數	標準差	平均數	標準差	Z 檢定	顯著性 (雙尾)
21	3.36	0.91	3.11	1.13	-1.49	0.14
22	3.32	0.82	3.36	0.95	-0.23	0.82
23	3.43	0.92	3.48	1.31	-0.44	0.66
24	3.18	0.98	2.89	1.07	-1.63	0.10
25	3.18	0.86	3.29	1.24	-0.63	0.53
26	3.57	0.92	3.50	1.17	-0.44	0.66
27	3.50	1.00	4.04	0.88	-2.58	0.01 (*)
28	3.71	0.94	3.93	0.86	-1.12	0.27
29	3.43	0.84	3.75	0.84	-1.57	0.12
30	3.71	0.94	3.86	0.85	-0.69	0.49
31	3.54	0.84	3.71	0.98	-0.94	0.35
32	3.71	0.98	4.18	0.82	-2.83	0.01 (*)
33	3.46	0.84	3.68	0.82	-1.43	0.15
34	3.50	0.79	3.79	0.83	-1.60	0.11
35	3.25	1.14	3.56	1.31	-0.98	0.33
36	3.71	0.90	3.64	1.03	-0.54	0.59
37	3.61	1.07	4.00	0.86	-2.39	0.02 (*)
38	3.32	0.98	3.46	0.84	-0.88	0.38
39	3.32	1.02	3.50	1.00	-1.23	0.22
40	3.75	0.93	4.00	1.05	-1.71	0.09
41	3.50	0.84	3.79	0.92	-1.80	0.07
42	3.46	0.84	3.46	0.74	0.00	1.00
43	3.71	0.76	3.82	0.95	-0.66	0.51
44	3.39	0.83	3.61	0.83	-1.40	0.16
45	3.68	0.86	4.00	0.90	-1.88	0.06

(二) (二)高、中、低各組前後測

研究者從科學態度之前測試題中，所得之測驗分數分成高態度、中態度與低態度三組；以下分別針對各組學生於接受設計活動前後對科學的態度的情形進行探討。從圖 4-2-1 各組之前後測平均分布圖，可以發現高態度組的學生在後測的表現上有些微的下降，中態度與低態度兩組之後測得分則均有所進步，並從其斜率來看是為低態度組在後測之表現上進步最多 (+11.38)。詳細情形以下分組討

論之：

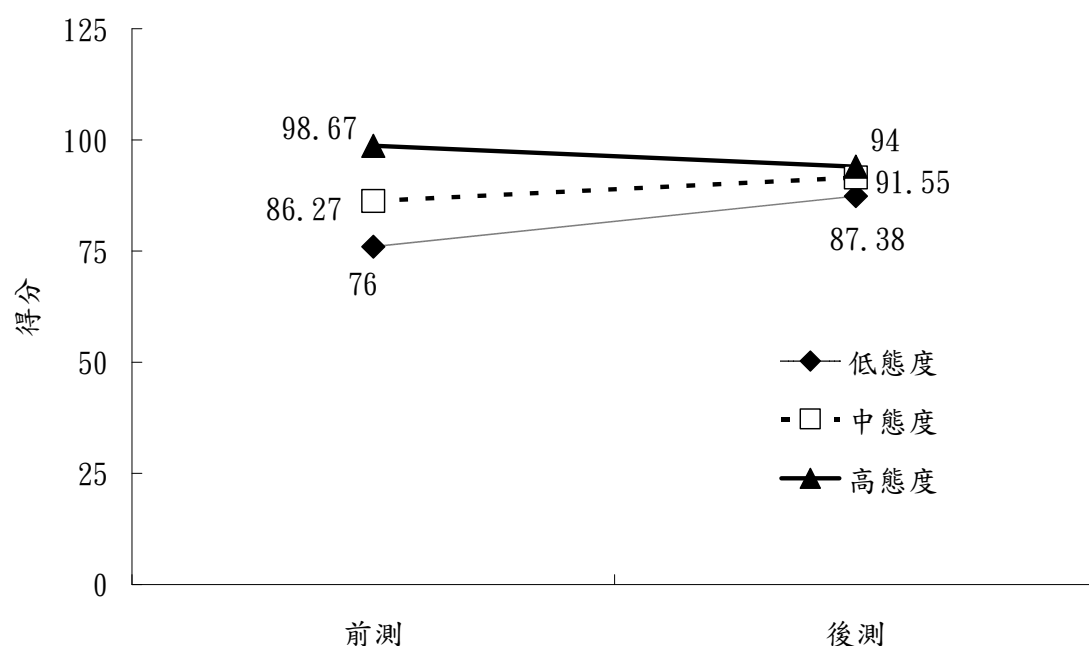


圖 4-2-1 各組之前後測平均數

表 4-2-3 各組前後測描述性統計量

	人數	平均數	標準差	最小值	最大值	Z 檢定	顯著性
高態度							
前測	9	98.67	4.80	92	107	-1.82	0.068
後測	9	94.00	10.58	77	109		
中態度							
前測	11	86.27	4.054	80	91	-1.99	0.047*
後測	11	91.55	9.63	76	105		
低態度							
前測	8	76.00	4.90	64	79	-2.37	0.018*
後測	8	87.38	6.82	78	95		

1. 高態度

從圖 4-2-1 與表 4-2-3 中可以發現，高科學態度學生前測中的得分情形原本就非常高，每題平均作答為接近「同意」的 3.95 (98.67/25)；然而，在設計活動結束後，其科學態度的表現退步了 4.67 分 (後測 $M=94.00$)，但每題的平均作答仍為介於「無意見」與「同意」之間的 3.76 (94/25)。依據表 4-2-3 之 Wilcoxon 符號檢定的前後測結果來看可以發現，高科學態度組的學生在後測略有退步，但前

後測之間卻無顯著的差異 ($Z=-1.82, p=0.068 > .05$)。

從表 4-2-4 中的各題項平均作答狀況結果可知，科學態度較高的學生，在科學態度部份的 21~45 題之作答狀況普遍後測結果都略比前測為低，然而其前測之同意度大致分佈於 3.22 到 4.67 之間，顯示本組學生原本就具備相當高的科學態度。因此，在後測的表現上有上限效應的產生，但各題之同意度亦屬於傾向於同意的 3.22 之上。

表 4-2-4 高態度組中各題項之平均作答狀況

題號	前測		後測		Wilcoxon 符號檢定	
	平均數	標準差	平均數	標準差	Z 檢定	顯著性 (雙尾)
21	3.78	1.09	3.67	1.12	-0.58	0.56
22	3.67	1.23	3.67	1.32	0.00	1.00
23	3.56	1.42	3.50	1.51	0.00	1.00
24	3.22	1.39	3.22	1.56	0.00	1.00
25	3.67	1.00	3.44	1.24	-1.00	0.32
26	4.33	0.87	3.89	1.17	-1.30	0.19
27	3.89	1.36	4.56	0.53	-1.63	0.10
28	4.33	1.00	4.11	1.05	-1.00	0.32
29	4.22	0.83	4.11	0.78	-1.00	0.32
30	4.67	0.50	3.89	0.93	-2.33	0.02 (*)
31	4.00	1.00	4.00	0.71	0.00	1.00
32	4.56	0.73	4.33	0.87	-1.41	0.16
33	4.00	0.87	3.78	0.97	-1.41	0.16
34	3.89	0.78	3.56	1.01	-1.73	0.08
35	3.22	1.79	3.25	1.58	-1.00	0.32
36	4.11	1.05	3.67	0.87	-1.63	0.10
37	4.00	1.12	3.78	1.09	-1.41	0.16
38	4.11	0.93	3.78	0.83	-1.34	0.18
39	3.78	0.97	3.56	0.88	-1.41	0.16
40	4.00	1.00	3.78	0.97	-1.41	0.16
41	3.89	0.93	4.00	1.00	-0.58	0.56
42	4.11	0.78	3.67	0.71	-2.00	0.05 (*)
43	4.33	0.71	4.33	0.71	0.00	1.00
44	3.22	0.83	3.33	0.71	-0.58	0.56
45	4.11	0.93	3.89	0.93	-1.00	0.32

2. 中態度

從圖 4-2-1 與表 4-2-3 中可以發現，前測結果為中科學態度的學生，在設計活動結束後，其後測在對科學的態度量表分數上的表現比前測時提升了 5.28 分（後測 $M=91.55$ ）。

從表 4-2-3 中的 Wilcoxon 符號檢定的前後測結果來看可以發現，中態度的學生有半數以上，在設計活動結束之後其科學態度量表上之表現是有達顯著提升（ $Z=-1.99, p=0.047 < .05$ ）。

表 4-2-5 各題項之平均作答狀況顯示，中科學態度的學生在科學態度部份的 21~45 題之作答狀況，第 24、32、37 題之前後測有達顯著。其中 24 題為反向題，題目為「我覺得自然與生活科技課的內容很困難」，經轉換後結果可知，本組的學生偏向於認為自然與生活科技課的內容是很困難的。此外，32 題「我覺得上自然與生活科技課是一件很有趣的事」與 37 題「如果學校所教的自然與生活科技課可以加入更多關於原住民的事物，我會更有興趣去學習」之顯著提升的現象與前述之整體科學態度的表現一致。

表 4-2-5 中態度組中各題項之平均作答狀況

題號	前測		後測		Wilcoxon 符號檢定	
	平均數	標準差	平均數	標準差	Z 檢定	顯著性 (雙尾)
24	3.36	0.92	2.64	0.67	-2.27	0.02 (*)
32	3.64	0.92	4.45	0.69	-2.71	0.01 (*)
37	3.55	1.13	4.09	0.70	-2.12	0.03 (*)

3. 低態度

從圖 4-2-1 與表 4-2-3 中可以發現，前測結果中原本具有較低科學態度的學生，在設計活動結束後，其在科學態度量表的表現進步了 11.38 分（後測 $M=87.38$ ），再從表 4-1-4 中的 Wilcoxon 符號檢定的前後測結果可以發現，大部分具低態度的學生，在設計活動結束之後其科學態度量表的表現是有顯著的進步（ $Z=-2.04, p=0.042 < .05$ ）。顯示本研究之設計活動可以大幅度促進低態度的學生建立對其科學事物的正向態度。

表 4-2-6 各題項之平均作答狀況發現，低科學態度的學生在前後測的作答比較上，在第 30、32、37、40、41、45 題有顯著的進步，其中 32、37 題低態度的學生與前述之整體科學態度的表現一致，在設計活動後認為上自然與生活科技課是很有趣的，且若加入原住民相關的事物，會提高其學習的興趣。30 題「我覺得用心觀察可以發現生活中的日常用品（如熱水瓶、電風扇等）含有許多的科學原理」，從結果得知，學生在設計活動後，認為生活中科學原理是可以經由觀察而發現。40 題「我覺得原住民的傳統藝品（如藤編或陷阱製作...等）的設計有應用到科學原理」，在經過設計活動後，學生偏向於認為原住民的傳統藝品的設計是有應用到科學原理。41 題「我覺得原住民籍科學家的成就和地位，與原住民的傳統文化有關」，在經過設計活動後，學生偏向於認為原住民籍科學家的成就和地位，與其生活的傳統文化有關。45 題「我覺得原住民文化中是有科學原理存在的」，從結果可知低科學態度的學生在設計活動結束之後，認為原住民文化中是有科學原理的存在。

表 4-2-6 低態度組中各題項之平均作答狀況

題號	前測		後測		Wilcoxon 符號檢定	
	平均數	標準差	平均數	標準差	Z 檢定	顯著性(雙尾)
30	3.25	0.71	4.00	0.76	-2.12	0.03 (*)
32	2.88	0.35	3.63	0.74	-2.12	0.03 (*)
37	3.25	0.89	4.13	0.84	-2.07	0.04 (*)
40	3.25	0.46	4.13	0.99	-2.07	0.04 (*)
41	3.00	0.00	3.50	0.54	-2.00	0.05 (*)
45	2.88	0.35	3.62	0.74	-2.12	0.03 (*)

綜合上述之分析結果可知，原本對科學事物持有較差態度的中、低組學生，在設計活動結束之後，對科學事物所持有的態度在量表分數表現上有顯著進步，且認為上自然與生活科技課是很有趣的跟認為加入原住民相關的事物，會提高其學習的興趣。尤其是低態度的學生，在後測中量表的表現有大幅成長。此結果顯示本研究之設計活動，不僅可以促進受試學生建立其科學態度；尤其針對原本對科學事物持有較低的感受之學生，在其建立對科學的態度上更為顯著。

二、量表中各面向的比較

本研究編製的「族群認同與科學態度」問卷量表，在科學態度部份的試題，依據預試之試題分析中以因素分析的方法區分為「上課態度」六題、「科學原理」四題、「學校課程」七題與「生活中的科學」八題等四個分項，以下將分別就此四個分項進行探討之，並比較此四分項對學生整體科學態度之影響情形。

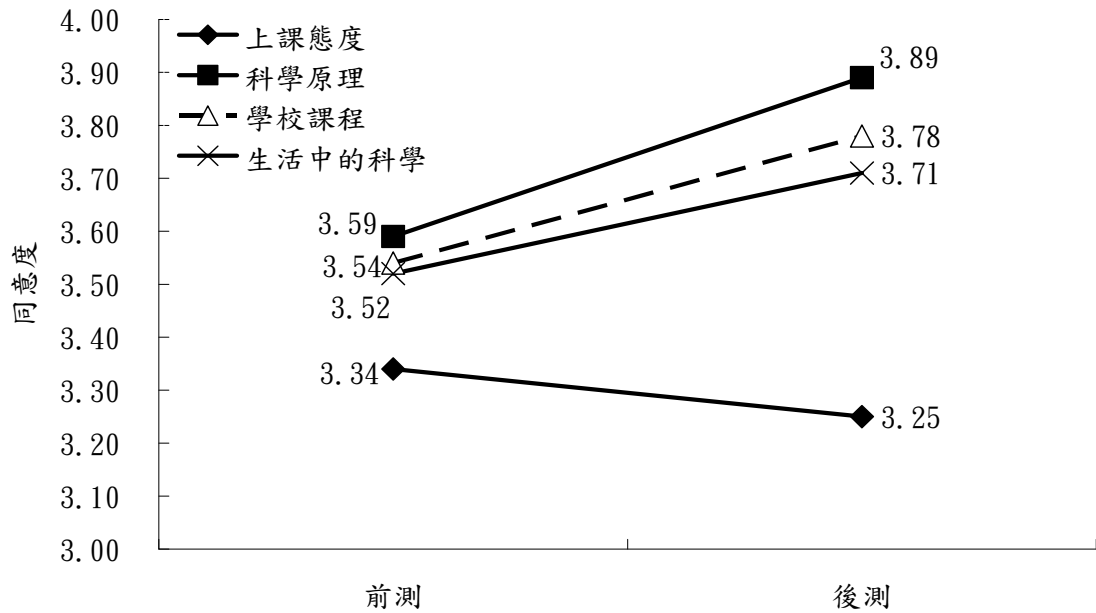


圖 4-2-2 科學態度各分項前後測平均同意度趨勢圖

表 4-2-7 概念整體之前後測結果

	人數	平均數	標準差	最小值	最大值	Z 檢定	顯著性
上課態度							
前測	28	20.04	3.92	13.00	30.00	-0.61	0.542
後測	28	19.50	5.43	11.00	30.00		
科學原理							
前測	28	14.36	2.70	10.00	20.00	-2.44	0.015*
後測	28	15.57	2.36	12.00	20.00		
學校課程							
前測	28	24.79	3.93	15.00	33.00	-1.99	0.047*
後測	28	26.43	3.71	20.00	33.00		
生活中的科學							
前測	28	28.14	4.29	19.00	38.00	-1.73	0.084
後測	28	29.64	3.87	23.00	39.00		

(一) 上課態度

從表 4-2-7 與圖 4-2-2 之前後測趨勢結果可以發現，在上課態度此一分項的前後測比較中，後測的分數較前測稍低了 0.54 分（後測 $M=19.50$ ）。再從表 4-2-7 的 Wilcoxon 符號檢定前後測結果可以發現，前、後測所得分數相減之後為正等級者有 9 人（32.15%）、負等級有 12 人（42.85%）、等值結有 7 人（25%），表示隨著設計活動結束之後，大部分的學生在上課態度此分項中的表現是略為退步。然而其前後測之分數並未達顯著差異（ $Z=-0.61, p=0.542 > .05$ ）。

(二) 科學原理

從表 4-2-7 與圖 4-2-2 之前後測趨勢的圖表結果中可以知道，在科學原理此一分項的前後測比較中，後測的分數較前測提升了將近 1 分（後測 $M=15.57$ ）。從表 4-2-7 的 Wilcoxon 符號檢定前後測結果可以發現，前、後測所得分數相減之後為正等級者有 15 人（53.57%）、負等級有 6 人（21.43%），而前、後測之間得分相同者有 7 人（25%），表示隨著設計活動結束之後，半數以上的學生在科學原理此分項中的表現是有達顯著進步的（ $Z=-2.44, p=0.015 < .05$ ）。

(三) 學校課程

從表 4-2-7 與圖 4-2-2 之前後測趨勢的圖表結果中可以知道，在學校課程此一分項的前後測比較中，後測的分數較前測提升了 1.64 分（後測 $M=26.43$ ）。從表 4-2-7 中的 Wilcoxon 符號檢定前後測結果可以發現，前、後測所得分數相減之後為正等級者有 15 人（53.57%）、負等級有 7 人（25%），而前、後測之間得分相同之等值結有 6 人（21.43%），表示隨著設計活動結束之後，半數以上的學生在學校課程此分項中的表現是進步的。且其前後測之分數有達顯著差異（ $Z=-1.99, p=0.047 < .05$ ）。

(四) 生活中的科學

從表 4-2-7 與圖 4-2-2 之前後測趨勢的圖表結果中可以知道，在生活中的科學此一分項的前後測比較中，後測的分數較前測提升了 1.5 分（後測 $M=29.64$ ）。從表 4-2-7 中的 Wilcoxon 符號檢定前後測結果可以發現，前、後測所得分數相減

之後為正等級者有 14 人 (50%)、負等級有 8 人 (28.57%)，而前、後測之間得分相同者有 6 人 (21.43%)，表示隨著設計活動結束之後，多數的學生在生活中的科學此分項中的表現是進步的。但其前後測之分數並未達顯著差異 ($Z=-1.73$, $p=0.084 > .05$)。

綜合上述之分析結果可知，在科學態度部分量表的「上課態度」、「科學原理」、「學校課程」與「生活中的科學」四個分項中，隨著設計活動結束之後，受試學生在「科學原理」、「學校課程」兩分項的表現較為顯著。此結果顯示本研究之設計活動對學生在科學原理與對學校課程的態度有顯著幫助。

三、總結

透過本節的研究資料分析，以回應研究問題二：「課程前後學生對科學的態度之改變情形？」根據上述之分析結果，可以發現：

科學態度整體前後測 Wilcoxon 符號檢定的結果顯示本研究設計設計活動，可以有效促進學生建立對科學相關事物的態度；而且整體受試學生在學習自然與生活科技課中的科學原理、認為上自然課是很有趣的與加入原住民相關的事物，會提高其學習的興趣此三個議題上的同意度均有顯著的提升。

本研究之設計活動，不僅可以促進受試學生建立對科學相關事物的態度；且認為上自然與生活科技課是很有趣的跟認為加入原住民相關的事物，會提高其學習的興趣。尤其針對原本對科學相關事物持有較低的感受之學生在建立對科學的態度更為顯著。

本研究之設計活動對學生在「科學原理」與「學校自然課程」此兩個向度的態度有顯著的提升。

第三節 科學概念的理解情形

本節中，將分別從量化與質性資料的分析來探討學生的概念理解。量化資料中以統計方法分析概念試題與各分組的前後測分析，瞭解學生概念理解的詳細改

變情形；並從試題中的「力平衡」、「合力」與「張力」三個概念的試題探討，了解設計活動對學生在此三個概念的影響為何。

質性資料則從訪談問題中的科學概念部份，從受訪者的前、後晤談資料中，就「力平衡」、「合力」、「張力」與「摩擦力」等科學原理的理解及其在藤編的應用進行歸納分析。

一、概念試題前後測資料之探討

本研究採用謝詠印（1990）所發展的「力之概念發展試題」中屬於「靜力平衡」、「合力」及「張力」部份的試題施測，試題共有十題，為封閉式的四選項選擇題，將受試學生前、後測結果各 28 份，以統計套裝軟體 SPSS 進行無母數 Wilcoxon 符號檢定法，來分析前、後測之間是否達顯著差異。

(一) 整體表現

受試學生在經過設計活動之後整體概念理解的表現上，從表 4-3-1 之「前後測描述性統計量」可以發現，就整體而言，前後測比較中，在活動結束之後學生的概念理解進步了 0.68 分（後測 $M=5.57$ ）；且可發現不僅後測之平均得分高於前測，學生在後測之最小、最大值（3,9）也是高於前測的最小、最大值（2,8）；且在整體表現中，半數以上的學生在設計活動之後，其概念理解的得分是有增加的，但未達顯著差異（ $Z=-1.68, p=0.094 > .05$ ）。

表 4-3-1 概念試題整體前後測之描述性統計量

學習成就	人數	平均數	標準差	最小值	最大值	Z 檢定	顯著性
前測	28	5.07	1.46	2	8	-1.68	0.094
後測	28	5.75	1.69	3	9		

在從概念試題之各題作答狀況來看，表 4-3-2 可發現受試學生在第六、七題中有顯著的進步。此兩題為合力概念的相關題組，其中第六題為兩力相對施力於物體後的合力大小之計算，題目為「如圖 U，大明以 3 單位的力往左推，小英用 6 單位的力往右推瓶子。則瓶子的合力為多少？」，從結果來看，受試學生在設計活動結束後，對於合力大小的計算能力提升了。第七題主要為測試學生對力之

分解與合力方向的概念，題目為「如圖 X，大明以 4 單位的力向東拉，小英以 4 單位的力向西拉木塊。則木塊會往哪個方向運動？」，從結果來看，部份受試學生在設計活動結束後，具備合力方向的概念。

表 4-3-2 整體概念試題之各題作答狀況

題號	前測		後測		Wilcoxon 符號檢定	
	平均數	標準差	平均數	標準差	Z 檢定	顯著性 (雙尾)
1	0.82	0.39	0.75	0.44	-0.82	0.41
2	0.82	0.39	0.64	0.49	-1.67	0.10
3	0.82	0.39	0.82	0.39	0.00	1.00
4	0.43	0.50	0.57	0.50	-1.00	0.32
5	0.54	0.51	0.75	0.44	-1.60	0.11
6	0.29	0.46	0.64	0.49	-2.67	0.01 (*)
7	0.11	0.32	0.36	0.49	-2.12	0.03 (*)
8	0.25	0.44	0.32	0.48	-0.54	0.59
9	0.57	0.50	0.54	0.51	-0.30	0.76
10	0.43	0.50	0.36	0.49	-0.63	0.53

綜合上述之分析結果發現，受試學生在整體概念試題的表現上雖未達顯著差異；但整體受試學生在合力方向與大小之概念有顯著提升；且學生在設計活動結束後，對於合力方向的概念與合力大小的計算能力上是有提升的。

(二) 各組表現

研究者依據該班授課教師所提供之 96 學年度上學期之自然科學期平均成績進行分組，將受試學生依序分成高成就、中成就與低成就三組；並以此三組做為依據，以下分別針對各組之受試學生於接受教學活動前後概念理解的進步情形進行探討。

從圖 4-3-1 各成就組之前後測趨勢圖，可以發現低成就組學生在後測的表現上有些微下降 (-0.33)，高成就組與中成就兩組之後測得分則均有所增加，並從其斜率來看是為高成就組在後測之表現上進步最為明顯 (+1.2)。各成就組前、後測之詳細情形，以下分組討論之：

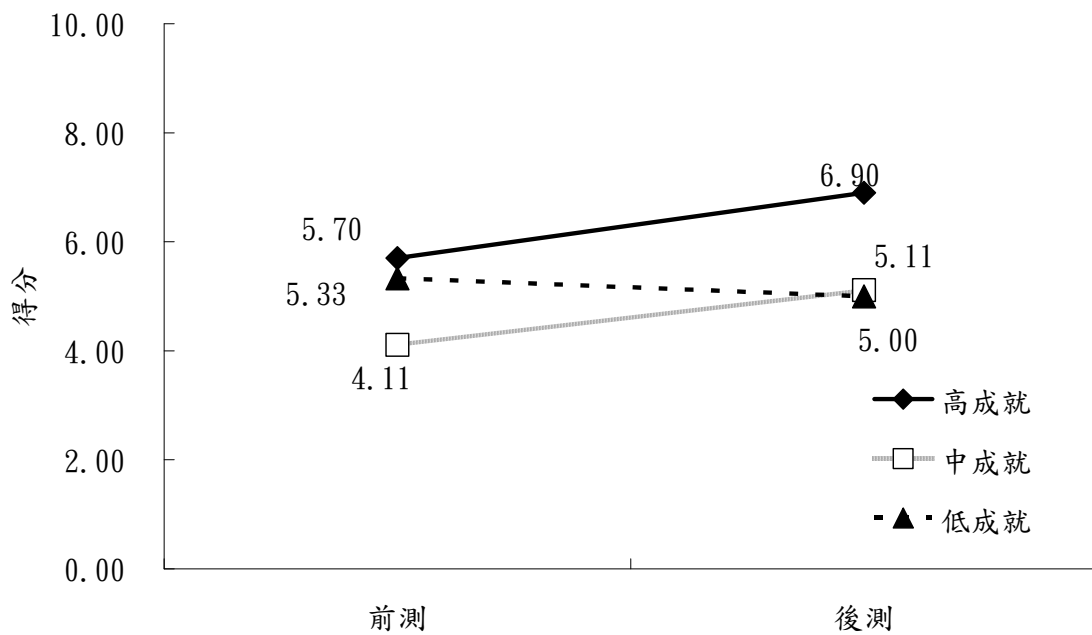


圖 4-3-1 各成就組之前後測趨勢圖

表 4-3-3 各組之前後測結果

	人數	平均數	標準差	最小值	最大值	Z 檢定	顯著性(雙尾)
高成就							
前測	10	5.70	1.25	4.00	8.00	-1.70	0.09
後測	10	6.90	1.20	5.00	9.00		
中成就							
前測	9	4.11	1.36	2.00	6.00	-1.73	0.08
後測	9	5.11	1.69	2.00	7.00		
低成就							
前測	9	5.33	1.41	4.00	8.00	-0.28	0.78
後測	9	5.00	1.80	3.00	8.00		

(1) 高成就

從圖 4-3-1 表 4-3-3 顯示，高成就組的學生在設計活動結束後，其概念理解的表現進步了 1.2 分（後測 $M=6.90$ ）。依據表 4-3-3 Wilcoxon 符號檢定的前後測結果來看可以發現，高成就組的學生在後測的表現雖略有增加，但前、後測之間無顯著差異（ $Z=-1.70, p=0.09 > .05$ ）。

從概念試題之各題作答狀況來看，表 4-3-4 發現高成就學生前、後測的答對率除張力部份的第八題與第十題之外，均有比前測時在分數上有所提升；其中第

七題進步有達顯著差異。其中第七題主要為合力概念的相關題組，測試學生對垂直兩力之合力方向的概念，題目為「如圖 X，大明以 4 單位的力向東拉，小英以 4 單位的力向西拉木塊。則木塊會往哪個方向運動？」，從結果來看，本組受試學生在設計活動結束後，對合力方向的概念與計算合力大小的能力顯著提升了。

表 4-3-4 高成就之各題答對率

題數	前測		後測		Wilcoxon 符號檢定	
	平均數	標準差	平均數	標準差	Z 檢定	顯著性 (雙尾)
1	0.80	0.42	1.00	0.00	-1.41	0.16
2	0.90	0.32	1.00	0.00	-1.00	0.32
3	0.90	0.32	1.00	0.00	-1.00	0.32
4	0.40	0.52	0.80	0.42	-1.63	0.10
5	0.60	0.52	0.70	0.48	-0.58	0.56
6	0.40	0.52	0.90	0.32	-2.24	0.03 (*)
7	0.00	0.00	0.10	0.32	-1.00	0.32
8	0.40	0.52	0.30	0.48	-0.45	0.66
9	0.70	0.48	0.80	0.42	-1.00	0.32
10	0.60	0.52	0.30	0.48	-1.34	0.18

表 4-3-5 高成就學生第七題前後測之選項次數百分比

選項	次數	百分比	有效百分比	累積百分比
選項 1				
前測	6	60.0	60.0	60.0
後測	8	80.0	80.0	80.0
選項 2				
前測	2	20.0	20.0	80.0
後測	0	0	0	80.0
選項 3				
前測	2	20.0	20.0	100.0
後測	1	10.0	10.0	90.0
選項 4*				
前測	0	0	0	100.0
後測	1	10.0	10.0	100.0

然而，在測試學生在非線性之力合成概念的第七題「如圖 X，大明以 4 單位的力向東拉，小英以 4 單位的力向西拉木塊。則木塊會往哪個方向運動？」，從表 4-3-5 前後測之選項次數百分比可以看出，前後測的選答都以 (A) 選項「靜

止不動」為最多（前測 60%；後測 80%）；顯示高成就學生雖然具備合力加成的概念，但是尚未具有以分力的概念去解決非線性之合力現象。此與洪木利（1985）之研究發現「學生對兩力平衡的概念比三力平衡較能應用力平衡的思考因素。」

表 4-3-6 高成就學生第八題前後測之選項次數百分比

選項	次數	百分比	有效百分比	累積百分比
第八題				
選項 1*				
前測	4	40.0	40.0	40.0
後測	3	30.0	30.0	30.0
選項 2				
前測	6	60.0	60.0	100.0
後測	7	70.0	70.0	100.0
選項 3				
前測	0	0	0	100.0
後測	0	0	0	100.0
選項 4				
前測	0	0	0	100.0
後測	0	0	0	100.0
第十題				
選項 1*				
前測	6	60.0	60.0	60.0
後測	3	30.0	30.0	30.0
選項 2				
前測	2	20.0	20.0	80.0
後測	5	50.0	50.0	80.0
選項 3				
前測	1	10.0	10.0	90.0
後測	2	20.0	20.0	100.0
選項 4				
前測	1	10.0	10.0	100.0
後測	0	0	0	100.0

在第八、十題測試學生對以繩拉動重物時繩子張力的概念，其題目分別為「手施力拉繩子車子仍保持不動，此時繩子的張力大小與下列何者相同？」、「若車子置於山坡上，手施力拉繩子使車子保持不動（不往下滑），此時繩子的張力大小

與下列何者相同？」，從表 4-3-6 前後測之選項次數百分比顯示來看可以發現，第八、十題中勾選 (B)「車子的重量」最多，推測其原因學生可能多考量了繩子拉動車子時，車子與地面間的摩擦力因素，而會將正向力的概念加入此兩題的解題中，而忽略了問題情境是將「車子置於光滑地板上」。而第九題「若施力持續增加，恰好車子往右運動，此時繩子的張力大小與下列何者相同？」，由於為恰好運動時，表示已克服最大靜摩擦力了，因此選擇車子重量的人數減少了。

(2) 中成就

從圖 4-3-1 表 4-3-3 中可以發現，中成就的學生在設計活動結束後，其概念理解的表現比前測時進步了 1 分 (後測 $M=5.11$)。依據表 4-3-3 之 Wilcoxon 符號檢定的前後測結果來看可以發現，中成就組的學生前後測之間的平均分數上並無顯著的差異 ($Z=-1.73, p=0.08 > .05$)。

從概念試題之各題作答狀況來看，表 4-3-7 發現中成就學生在第六題的答對率是有顯著的進步。第六題為兩力相對施力於物體後的合力大小之計算，題目為「如圖 U，大明以 3 單位的力往左推，小英用 6 單位的力往右推瓶子。則瓶子的合力為多少？」，從結果來看，中成就的受試學生在設計活動結束後，對於合力大小的計算的能力提升了。

表 4-3-7 中成就之各題答對率

題號	前測		後測		Wilcoxon 符號檢定	
	平均數	標準差	平均數	標準差	Z 檢定	顯著性 (雙尾)
1	0.78	0.44	0.56	0.53	-1.41	0.16
2	0.56	0.53	0.44	0.53	-0.58	0.56
3	0.78	0.44	0.78	0.44	0.00	1.00
4	0.11	0.33	0.44	0.53	-1.73	0.08
5	0.44	0.53	0.67	0.50	-1.00	0.32
6	0.22	0.44	0.78	0.44	-2.24	0.03 (*)
7	0.11	0.35	0.56	0.53	-1.73	0.08
8	0.33	0.50	0.44	0.53	-0.38	0.71
9	0.56	0.53	0.33	0.50	-0.82	0.41
10	0.22	0.44	0.11	0.33	-0.58	0.56

(3) 低成就

從圖 4-3-1 表 4-3-3 中可以發現，低概念理解的學生在設計活動結束後，其概念理解的表現比前測時些微的退步了 0.33 分（後測 $M=5.00$ ）。依據表 4-3-3 之 Wilcoxon 符號檢定的前後測結果來看可以發現，低成就組的學生在後測概念理解的表現上有顯著的提升（ $Z=-0.28, p=0.78 >.05$ ）。

從概念試題之各題作答狀況來看，表 4-3-8 發現低成就學生在第五、六、七、八題中有進步的現象，但均未達顯著差異。其中在第二題力平衡的相關概念題中是退步達顯著差異的，題目為「物體受兩力作用而保持平衡，其中一力為向東 60kgw 的作用力，則另一作用力為？」，從結果來看，本組受試學生在設計活動結束後，對於兩力平衡的狀態之概念顯著退步了。探究其退步成因表 4-3-9 前後測之選項次數百分比可以發現，本組受試學生從前測之 (A)「向東 60kgw 的作用力」的一人；(B)「向西 60kgw 的作用力」的八人，改變成後測之四個方位的選項皆有的現象。顯示設計活動無法促進本組學生在力平衡概念的理解情形。

表 4-3-8 低成就之各題答對率

題號	前測		後測		Wilcoxon 符號檢定	
	平均數	標準差	平均數	標準差	Z 檢定	顯著性 (雙尾)
1	1.00	0.00	0.67	0.50	-1.73	0.08
2	0.89	0.33	0.44	0.53	-2.00	0.05 (*)
3	0.89	0.33	0.67	0.50	-1.00	0.32
4	0.78	0.44	0.44	0.53	-1.13	0.26
5	0.56	0.53	0.78	0.44	-0.82	0.41
6	0.22	0.44	0.33	0.50	-0.45	0.66
7	0.11	0.33	0.44	0.53	-1.34	0.18
8	0.00	0.00	0.22	0.44	-1.41	0.16
9	0.44	0.53	0.33	0.50	-0.45	0.66
10	0.44	0.53	0.67	0.50	-1.41	0.16

此外，在測試學生張力概念的第八題「手施力拉繩子車子仍保持不動，此時繩子的張力大小與下列何者相同？」，從表 4-3-9 前後測之選項次數百分比可以看出，學生在前測時大多勾選摩擦力因素的 (B) 選項「車子重量」；而後測時

勾選 (A)「手施的力」者有兩人，佔此外 22.2%、(B)「車子重量」者有兩人，佔 22.2%、(C)「沒有受力」者有五人，佔 55.6%。顯示本組學生在後測時，對本題的作答是持著車子保持不動時（靜止狀態）則不受力的概念。此現象呼應 Thijs（1992）所作之研究發現「大部份的學生認為在靜止的狀況下，是沒有力存在」。

表 4-3-9 低成就學生前後測之選項次數百分比

選項	次數	百分比	有效百分比	累積百分比
第二題				
選項 1				
前測	1	11.1	11.1	11.1
後測	2	22.2	22.2	22.2
選項 2*				
前測	8	88.9	88.9	100.0
後測	4	44.4	44.4	66.7
選項 3				
前測	0	0	0	100.0
後測	1	11.1	11.1	77.8
選項 4				
前測	0	0	0	100.0
後測	2	22.2	22.2	100.0
第八題				
選項 1*				
前測	0	0	0	0
後測	2	22.2	22.2	22.2
選項 2				
前測	8	88.9	88.9	88.9
後測	2	22.2	22.2	44.4
選項 3				
前測	1	11.1	11.1	100.0
後測	5	55.6	55.6	100.0
選項 4				
前測	0	0	0	100.0
後測	0	0	0	100.0

(三) 各分項表現

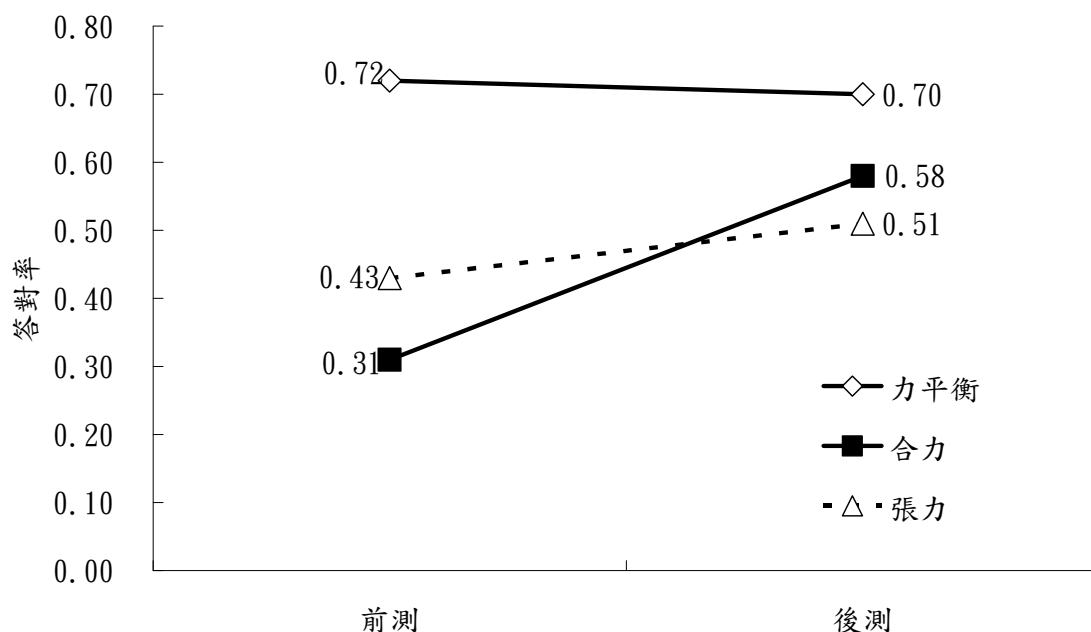


圖 4-3-2 概念理解各分項前後測平均答對率趨勢圖

本研究採用謝詠印（1990）所發展的「力之概念發展試題」中屬於「靜力平衡」四題、「合力」三題及「張力」三題部份的試題施測，以下將分別就此三個部份學生的作答情形進行探討之。

表 4-3-10 各分項之描述性統計量

	人數	平均數	標準差	最小值	最大值	Z 檢定	顯著性(雙尾)
力平衡							
前測	28	2.89	0.99	1.00	4.00	-0.28	0.777
後測	28	2.79	1.32	0.00	4.00		
合力							
前測	28	0.93	0.81	0.00	2.00	-3.29	0.001 (*)
後測	28	1.75	0.65	0.00	3.00		
張力							
前測	28	1.25	0.79	0.00	3.00	-.025	0.980
後測	28	1.21	0.69	0.00	3.00		

(1) 力平衡

從表 4-3-10 與圖 4-3-2 之前後測趨勢可以發現，在力平衡部份試題前後測比

較中，後測的分數較前測稍低了 0.1 分（後測 $M=2.79$ ）。從表 4-3-8 中的結果可以發現，隨著設計活動結束之後，大部分的學生在力平衡概念的表現是略為退步。然而其前後測之分數並未達顯著差異（ $Z=-0.28, p=0.777 > .05$ ）。

(2) 合力

從表 4-3-10 與圖 4-3-2 之前後測趨勢可以發現，在合力部份試題的前後測比較，後測的分數較前測進步了 0.82 分（後測 $M=1.75$ ）。再從表 4-3-8 中的結果可以發現，隨著設計活動結束之後，大部分的學生在合力概念的表現是有顯著進步（ $Z=-3.29, p=0.001 < .05$ ）。

(3) 張力

從表 4-3-10 與圖 4-3-2 之前後測趨勢可以發現，在張力部份試題前後測比較中，後測的分數較前測稍低了 0.04 分（後測 $M=1.21$ ）。從表 4-3-8 中的結果可以發現，隨著設計活動結束之後，大部分的學生在張力概念的表現是略為退步但未達顯著差異（ $Z=-.025, p=0.980 > .05$ ）。

綜合上述對力平衡、合力與張力的資料分析可知，學生於設計活動結束之後，在合力概念的表現有顯著的進步，顯示本設計活動可以有效提升合力部份的概念理解。

(四) 小結

根據上述之量化資料分析結果，可以發現：

概念試題整體前後測 Wilcoxon 符號檢定的結果顯示，本研究設計活動在學生整體概念之理解上沒有顯著差異；但整體受試學生在合力方向與大小之概念有顯著提升，顯示本設計活動可以有效提升合力部份的概念理解。

本研究之設計活動，對高、中、低成就各組的學生在概念理解的表現上均無顯著差異，分析結果顯示活動結束後中、高成就學生，對於合力方向的概念與計算合力大小的能力顯著提升了。顯示具備「同方向的力相加、反方向的則是相減的；且合力的方向與較大的力相同」的合力概念。

二、科學概念前後晤談資料之分析

表 4-3-11 訪談學生在設計活動前後各面向的分佈表

學生	概念理解		對科學的態度		族群認同	
	前測	後測	前測	後測	前測	後測
02	高	高	高	高	高	高
04	低	高	中	高	中	中
06	高	中	高	高	低	中
11	高	高	低	中	中	中
13	低	中	中	中	中	中
17	中	高	低	中	中	高

研究者依據受試學生於前測試題的表現分組，並從各組中抽取焦點學生進行訪談，焦點學生的選取為求涵蓋族群認同、科學態度與概念理解之高中低各組，全部共訪談學生六人，訪談學生前後測在各面向的分佈情形，如表 4-3-11 所示。本研究所使用的訪談大綱之第一部份為探討學生對科學原理的理解及在藤編的應用，其中分別包含「張力」、「摩擦力」、「力平衡」及「合力」等四個概念。以下將歸納整理焦點學生對科學原理的理解晤談資料，分別就張力、摩擦力、力平衡與合力等四個概念之理解情形加以探討。

(一) 張力

透過訪談大綱：「何謂張力？」與「張力在藤編中的應用？」來獲取受訪學生的晤談資料。依據文獻探討與統整教科書的定義後，將「張力」定義為拉撐繩子的力；物品（繩子、紙張）受力「拉張」的力。將訪談資料中學生提及張力定義與現象的相關回答歸納整理成三類：擴張的力、拉張的力、伸縮的力。「擴張的力」為受訪學生回答張力是繩子受力向外擴張的力、「拉張的力」為學生回答張力是拉張繩子的力、「伸縮的力」為學生回答張力是藤條的伸縮力。

由於學生的回答不一定都有提及張力的定義，研究者針對有回答定義及其應用的回答以編碼後的分類依據進行分析，比較受訪學生在前後晤談中對張力的回答狀況及在三種定義之間的表現情形，以提及該項編碼的學生人數做為次數統計單位，其結果顯示如圖 4-3-3。

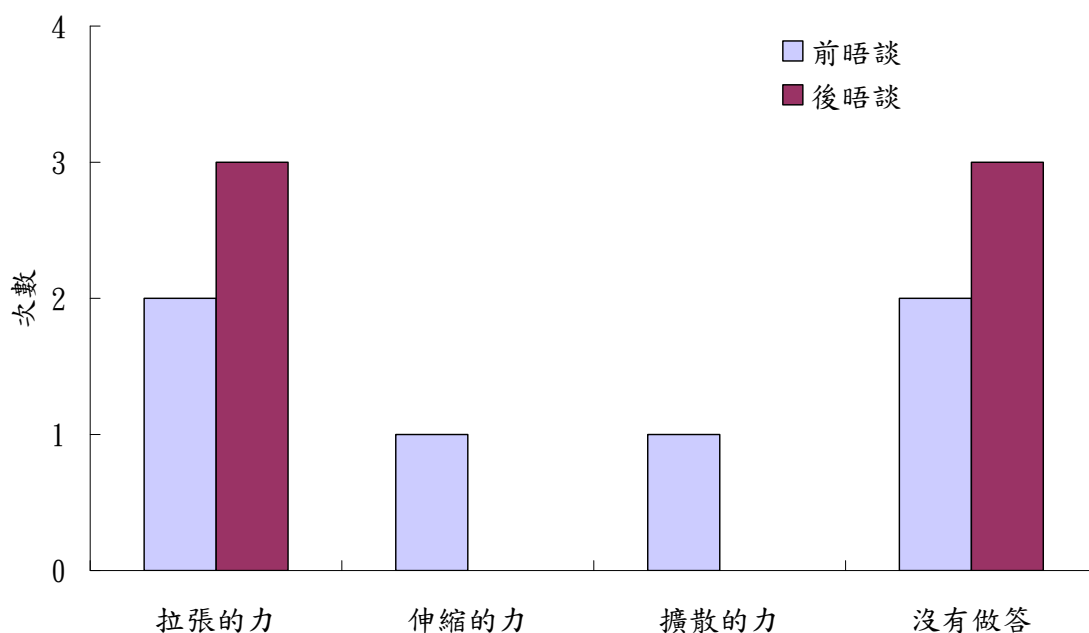


圖 4-3-3 張力部份概念理解之編碼圖

從圖 4-3-3 中可以發現，在問及何謂張力時，前晤談中受訪學生回答此問題者有四人，其中認為張力是擴散的力與伸縮的力者分別有一人，認為是一種拉張的力者有兩人；而在後晤談中，受訪學生有回答張力部份的定義者有三人，且三人均認為張力是一種拉張的力量。

在張力的定義及其應用的前後晤談中，發現學生 02 在前晤談時認為張力是一種擴散的力，在後晤談中則是認為張力是繩子拉張的力；然而，學生在兩次晤談被問及張力在藤編中的應用時，均仍認為藤編之所以會牢靠是因為藤條張開時擴散的張力所造成的。分別列舉學生 02 在前、後晤談的訪談片段做為範例說明之。

【訪談舉例 1：02-pre】

訪：你覺得「藤編製作」裡面包含那些科學原理呢？下面有十個選項可以給你選？

02：用說的嗎？

訪：用寫的，直接寫在紙上就可以了。

02：寫中文（國字）還是寫數字就好了？

訪：寫數字就可以了，稍微想一下再寫。

02：《實際作答》1、10（張力、合力）

訪：你選的是張力和合力，對嗎？

02：對！

訪：那你認為張力是什麼？用講的，不用寫。

02：張力...就是在製作的時候（藤編），他那個是擴散的。

...

訪：什麼東西是擴散的？

02：就是他的藤條啊，張開來的時候就會比較牢靠。

【訪談舉例 2：02-post】

02：張力，不知道怎麼講耶。

訪：什麼東西有張力？

02：什麼東西有張力。?~我想一下，...什麼東西有張力，...網子。算嗎？

訪：算，為什麼？為什麼你會覺得網子是？

02：因為它那個阿~拉開。（兩手做拉撐的動作）

訪：拉開，然後咧？

02：...要怎麼講咧...就是網子這樣子...（手指交叉成網狀）撐著。

...

訪：對啊，好~那你覺得「藤編製作」裡面包含那些科學原理呢？

02：《實際作答》...1、10...

02：因為我們製作的啊...就是會擴散開來。

訪：擴散？

02：就是會張開啊，那個就是張力。

訪：...（記錄中）...

02：可以塗掉嗎？

訪：可以啊。

02：...（把選項 10 塗掉）...

訪：所以你覺得只有張力？

02：嗯，（點頭）

訪：其他咧？其他九個都沒有？

02：...（搖頭），想不出來。

訪：那你認為藤編如何應用這個張力？

02：嗯~...，就張開擴散啊。

從上述的例子可知，學生經過設計活動的教學後，對張力的定義傾向於是一種拉張的力量，但在後晤談問及張力在藤編中的應用時，僅學生 02 回答當藤編張開時會比較牢靠，學生 11 認為有張力的應用卻未能明確說出在藤編中的應用，其餘學生則均不認為藤編中有張力的應用，顯示學生可能認為拉動單一藤條時，藤條是有受力而有張力的產生，但在較大系統的藤編中卻忽略了張力的存在。

此外，低成就組的兩位受訪學生在前、後兩次的晤談中均沒有針對張力的定

義作回答，因而在此無法判定其對張力概念持有的作答類型為何。中成就組的學生 17 在前晤談中認為張力是一種伸縮的力，在後晤談時則只表示知道張力的概念但並沒有多做說明，因此將之歸為沒有作答的類別。高成就組的學生前晤談則以拉張的力之類型居多，後晤談時則全部都認為張力就是一種拉張繩子或藤條的力，其中學生 02 在前晤談中認為是擴張的力而後測時則認為是拉張的力。顯示高成就組的學生在設計活動結束之後，對張力的定義是偏向於較類似於科學教科書中的說法。

然而，比較學生在晤談語概念試提的表現，表 4-3-11 各分項概念試題的前後測表現顯示，學生雖然在設計活動之後具備了張力的概念，在試題的表現上卻只有些微的提升。推測其原因是由於概念試題裡測試學生對力之以繩拉動重物時繩子張力概念的題組中，雖然在題幹的最前面有提及「車子置於光滑地板上」，但受試學生在做答時可能還是考量了以繩子拉動車子時，車子與地面間的摩擦力因素，因而將正向力的概念加入此兩題的解題中，造成學生在張力的題組中的作答表現不顯著的情形。

(二) 摩擦力

透過訪談大綱：「何謂摩擦力？」與「摩擦力在藤編中的應用？」來獲取受訪學生的晤談資料。依據文獻探討與統整教科書的定義後，將「摩擦力」定義為「物體運動時，接觸面會產生的力；摩擦而生成的力；是存在於兩接觸面間一種阻止物體運動的作用力」。將訪談資料中學生提及摩擦力定義與現象的相關回答歸納整理，發現所有關摩擦力的回答均著重於描述物體接觸面間摩擦力現象的「接觸面的摩擦力」。比較受訪學生在前後晤談中對力平衡的回答狀況及在三種定義之間的表现情形，結果顯示如圖 4-3-4。

從圖 4-3-4 中可以發現，在問及何謂摩擦力的問題時，前晤談中受訪學生回答此問題者僅有一人；在經過設計活動的教學後，則是所有受訪學生皆有回答此一問題，而且不管活動前後所有學生回答均為指出摩擦力的現象，即為接觸面的摩擦力。由此可知，學生在說明摩擦力的原理時，以動作或現象說明摩擦力者有

明顯的成長。

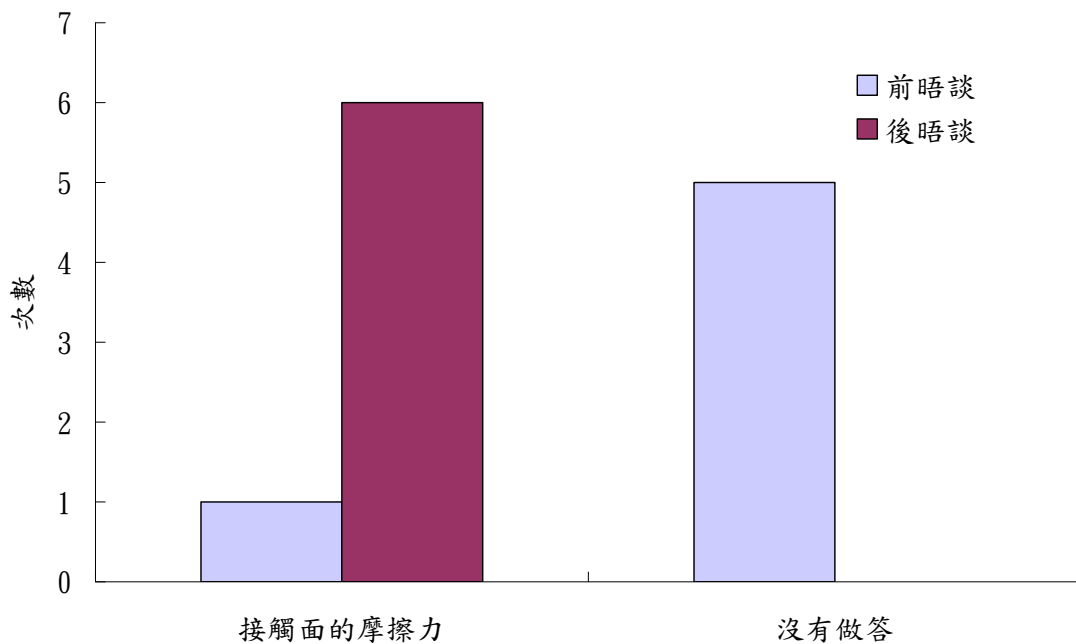


圖 4-3-4 摩擦力部份概念理解之編碼圖

在前晤談之中只有一位學生 13 能以說明接觸面之間的摩擦力，來指出摩擦力的定義，然而在被問及藤編製作中是有摩擦力的應用時，該生則表示藤編中是不具有摩擦力的應用。經過本研究的設計活動過後，學生 13 不但以手邊的器材，呈現接觸面之間的摩擦力之外，並且認為製作過程中是以增加藤編間接觸面的方法來增加摩擦力。在後晤談中則是所有的受訪學生都如學生 13 一樣，能以呈現接觸面之間的摩擦力的現象說明摩擦力的定義。顯示無論高、中、低成就組的學生在設計活動結束之後，對摩擦力的定義均持有能說明摩擦力的現象。可見學生在設計活動結束之後，對摩擦力概念理解程度是有提升的。

以下分別列舉學生 13 在前、後晤談的訪談片段做為範例說明之。

【訪談舉例 3：13-pre】

訪：那...摩擦力是什麼？

13：摩擦力，我知道。就是這樣兩手摩擦時的力（同時兩手相互摩擦，並用手摩擦桌面）。

訪：那...藤編裡面有沒有摩擦力？

13：藤編喔？.....沒有。

【訪談舉例 4：13-post】

訪：摩擦力？

13：（再把砝碼完全抽出，用手指著砝碼與套筒接觸的兩側）這邊跟這邊啊，...（然後將砝碼放入套筒中，讓其緩緩滑落）...摩擦啊。

...

訪：還有嗎？

13：摩擦力，就是那個什麼...藤條，不是一根嗎，不是有很多根嗎，然後...這不是藤條嘛，這樣子繞啊（以手做經緯互繞的動作）...這樣就摩擦力啦。

訪：...那...你編完之後你有學到這些原理嗎？

13：有，摩擦力很好，...生活也會用到啊，...也會看到。

從上述的例子可知，學生 13 雖然在前後晤談中都能指出「摩擦力就是這樣兩手摩擦時的力」摩擦力與接觸面之間的關係，但是前晤談中則直接就排除藤編是有到摩擦力原理的應用，而在設計活動結束之後，則能明確說出藤編中摩擦力的應用；而在接受晤談的六位學生之中，有四位學生有這種現象發生。

顯示學生雖然在先前的學習過程或生活經驗中知道摩擦力現象的存在，但多半侷限於物體運動時接觸面間「動摩擦力」的現象，而對於藤編中利用增加藤條之間的接觸面，以增加拉動藤條的阻力（靜摩擦力）的現象，則比較無法直接反應。此與蔡春來（2002）的研究發現類似，學生會對靜摩擦力與動摩擦力產生混淆。

（三）力平衡

透過訪談大綱：「何謂力平衡？」與「力平衡在藤編中的應用？」來獲取受訪學生的晤談資料。依據文獻探討與統整教科書的定義後，將「力平衡」定義為兩力相等、方向相反並作用於同一點；平衡時物體靜止不動的物體，同時受到大小相等，方向相反的兩個力作用時。將訪談資料中學生提及張力定義與現象的相關回答歸納整理成三類：靜止力量會平均、放在中間、天平式的平衡。其中「靜止力量會平均」為受訪學生回答時提到平衡的現象是靜止力量會平均、「放在中間」為學生回答平衡就是放在中間、「天平式的平衡」為學生回答平衡就是類似天平一樣左右兩邊的力必須相等。

比較受訪學生在前後晤談中對力平衡的回答狀況及在三種定義之間的表現情

形，結果顯示如圖 4-3-5。

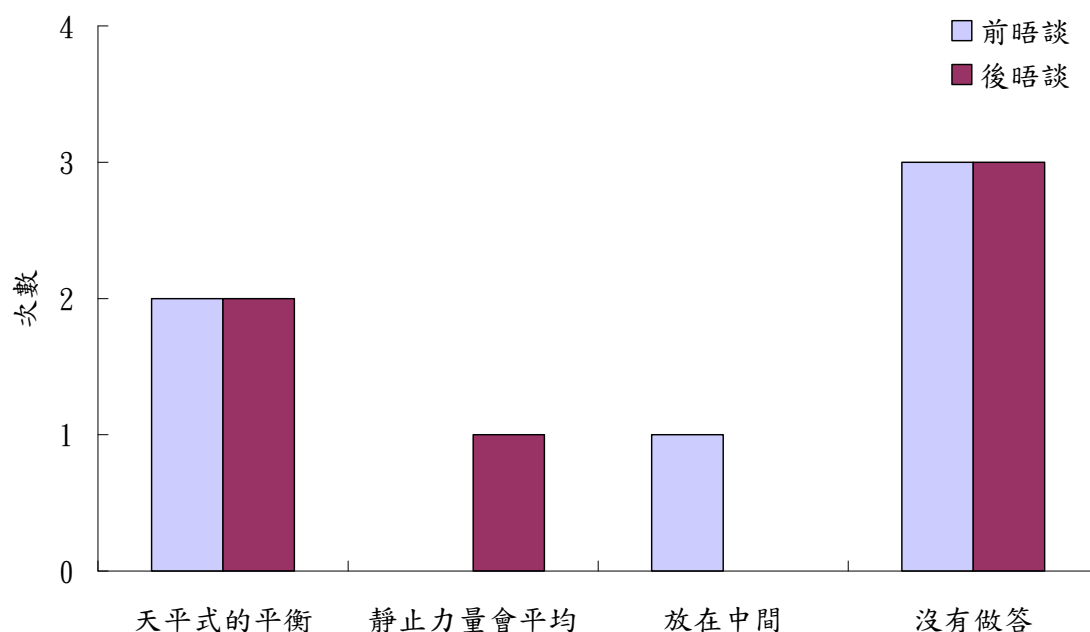


圖 4-3-5 力平衡部份概念理解之編碼圖

從圖 4-3-5 中可以發現，受訪學生在前、後晤談之間對力平衡定義的並沒有太大的差異，其中僅有高成就組之學生 11 從前晤談中的「放在中間」類型轉變為後晤談的「靜止力量會平均」類型，而其他的學生在設計活動前後對力平衡依舊保持著前晤談時「天平式的平衡」與「沒有做答」的選項。顯示本研究之設計活動對學生在力平衡概念上的建立較不顯著，此與前述之受試學生在力平衡概念試題中的表現結果是一致的，學生在力平衡部份試題前後測之間的表現上並沒有太大的差異。

此外，受試學生在被問及力平衡在藤編中的應用時，前、後晤談中各有三位學生是認為藤編中是有力平衡的應用，但此六位學生均未能明確指出藤編中如何運用力平衡的原理。其中學生 13 雖然在前後晤談中均認為藤編中有力平衡的應用，但都未能明確說出其應用之處；以下列舉訪談片段做為範例說明之。

【訪談舉例 5：13-pre】

訪：那你認為藤編是怎樣應用你剛剛說的壓力、平衡、重力、合力？

...

訪：ㄟ~就是你可以說說看藤編怎樣用這些原理，或者你可以畫圖壓力的時候是怎樣？

13：重力的時候是怎樣。

訪：對。

13：呀~...，平衡我畫一個平衡好了.....不知道要怎麼畫呢？

訪：不然你用講的。

13：...不知道。

【訪談舉例 6：13-post】

《實際作答》10（合力）、8（重力）、3（壓力）、7（淨力平衡）、4（摩擦力）。

訪：那你認為藤編裡面如何應用到合力？...或者是你剛剛選的這些原理？

13：合力喔？

訪：合力、或重力或者是壓力...就你剛剛選的這些原理。

13：...合力...我想一下，喔~，我們不是有幾根多出來的，然後多出來的可以把那個捲...不知道怎麼講，捲一起...多出來的捲在一起，就合力，可以撐...一起撐，

訪：那麼壓力咧。

13：壓力喔，就是自己壓，就是那個...藤條往下壓它會上去，然後再往下壓它又會上去，這就是壓力，然後就會跟他一樣，一樣的平衡，就會變平了（多條相互壓之後）。

從上述的例子可知，雖然學生 13 在前後晤談中均認為藤編中有力平衡的應用，但可能受其持有的天平式平衡概念之影響，致使雖認為有平衡的應用，卻不知道藤編是如何應用此原理。而接受晤談的六位學生中，前、後晤談中各有三位學生有這樣的情形發生。此外，有部份學生雖然在紙筆作答中有勾選藤編製作中有應用到力平衡，但再做口語晤談時並未提及與平衡相關的回答，在此研究者將之編碼歸為「未說出應用」，也不對其回答做過多的推測。

(四) 合力

透過訪談大綱：「何謂合力？」及「合力在藤編中的應用？」來獲取受訪學生的晤談資料。並依據文獻探討與統整教科書的定義後，將「合力」定義作用在物體上同方向的所有力之加總，稱為合力。並將訪談資料中學生提及合力定義與現象的相關回答歸納整理成四類：合起來的力量、同方向的力加總、指出合力的現象、錯誤定義。其中「合起來的力量」為學生回答合力就是在許多的力合起來之後的力、「同方向的力加總」為學生回答合力是指同方向的力相加、「指出合力的現象」為受訪學生以合力在日常生活中的現象回答、「錯誤定義」為受訪學生對合力之定義是錯誤的。比較受訪學生在前後晤談中對合力的回答狀況及在四種定

義之間的表現情形，結果顯示如圖 4-3-6。

從圖 4-3-6 中可以發現，沒有作答的人數從前晤談的三人中減為一人；前晤談中出現「錯誤定義」的兩人，在後晤談時分別轉為合起來的力量與指出合力的現象；而指出合力的現象與具有向量加減概念者則從原來的不具有，分別增為兩人與一人。各組之學生普遍均能從前晤談的錯誤定義與未作答到後晤談的明確定義合力。顯示受訪學生在設計活動之後，對合力的定義大多都比前測時能更明確的指出合力的定義與相關的現象。此外，學生 04 則在前後晤談中都未對此題做出回答，因而在此無法判定其所持有之類型。

以下列舉部份訪談片段做為範例說明之：

【訪談舉例 7：02-pre】

訪：那合力呢？

02：因為擴散嘛，...要怎麼講，...就比較集中...就比較堅固。

【訪談舉例 8：02-post】

訪：嗯~，合力？

02：合力喔...，藤編那算嗎？

訪：ㄗ~...，為什麼你會覺得藤編是？

02：不知道。

訪：好，那合力...什麼東西叫合力？

02：合起來的力量。

【訪談舉例 9：17-pre】

訪：好~，那合力是什麼？

17：合力就是...就是要那個平均那個，然後不能那個一個洞一個洞的。

【訪談舉例 10：17-post】

訪：合力？

17：合力，電風扇那個，...不是不是那個是拉力，...那是什麼？

17：電燈！像這個啊（指著天花板吊著的電燈），兩根合起來吊著...電燈啊。

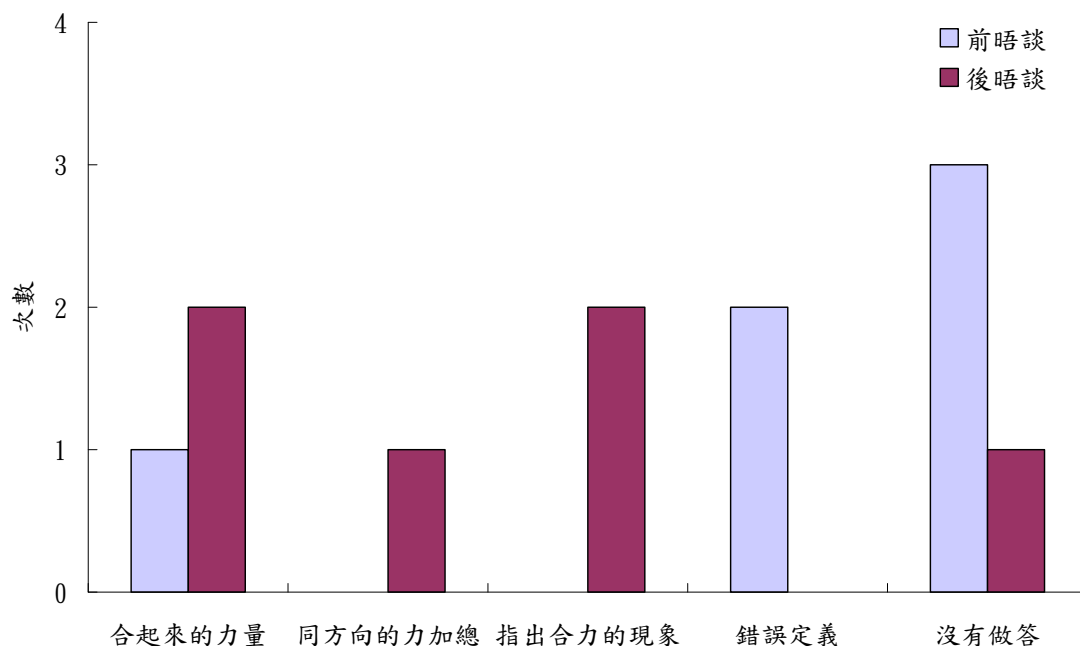


圖 4-3-6 合力部份概念理解之編碼圖

從上述的例子可知，學生在設計活動結束之後，對合力概念的定義比前測時更能明確指出合力的現象。其中學生 17 在前晤談中對合力的定義是給合力錯誤的定義，而在後晤談中則能以合力的現象去回答合力的定義；學生 06 在後晤談則是具有兩力作用時，同方向的相加、反方向相減的向量概念。另外在問及合力的應用時，有三人從前晤談中的未能明確指出藤編中的應用，在後晤談時則可指出藤編是多條藤條編在一起時為許多力的加總。此結果與前述之量化資料顯示之結果一致，學生在設計活動結束之後，確實在合力概念的學習上是有提升的。

(五) 小結

從上述焦點學生晤談資料的歸納整理中，可以發現：

在設計活動後，受訪學生對張力的定義以「拉張的力」之概念為主；且在較大的系統中容易忽略了張力的存在。

在設計活動後，受訪學生對摩擦力的定義以「接觸面的摩擦力」之概念為主；但對靜摩擦力與動摩擦力會產生混淆。

在設計活動後，受訪學生對力平衡的定義沒有差異；且有雖然認為有平衡的應用，卻不知道藤編是如何應用平衡的原理。

在設計活動後，受訪學生對合力的定義則以能「指出合力的現象」為主；並在合力應用的問題中亦能明確指出其應用。

三、總結

透過概念試題的統計分析與焦點學生晤談的資料分析，以回應研究問題三：「課程前後學生對力學概念理解的情形？」根據上述之分析結果，可以發現：

本研究之設計活動，可以促進學生在張力與摩擦力的概念理解，然而學生對摩擦力概念的理解，可能造成在後測中張力部份概念試題的表現上有不顯著甚至退步的情形發生。

本研究之設計活動，對學生在力平衡概念的理解上沒有顯著差異，而且即便認為有平衡的現象存在，也無法清楚的說出其是如何應用。

本研究之設計活動，可以促進學生在紙筆試題中對合力相關試題的作答情形，且學生在訪談中亦可明確指出合力的現象。

受訪學生在對科學原理的理解情形，會有受科學用語的表面字義或直接以相關現象回答其定義，必須進一步的追問該概念在藤編中的應用，才可明確判斷學生是否理解該概念。

第四節 過程技能的改變情形

在本節整理透過訪談大綱中的開放性問題與封閉性問題中，所獲取的訪談內容回答研究問題四：「課程前後學生在過程技能的改變情形？」。本節將科學過程技能分為三個部份探討，第一部份為設計活動對學生測量能力的影響；第二部份為設計活動對學生控制變因能力的影響；第三部份為設計活動對學生下操作型定意能力的影響。

一、「測量」能力前後晤談資料之分析

依據美國科學促進協會對十三項科學過程技能（S-APA）的定義中，將測量為能運用五官、簡單工具等進行觀測，並能瞭解估計值、平均值與誤差值的意義

(甘漢銑、陳文典，1995)；本研究欲探討的測量能力，則為學生在操作過程中有出現「增加測量的準確性」、「增加測量的可行性」與「使用平均值」三種行為。因此，此處僅以學生有提及相關行為才加以計數，並非所有受訪學生均有在此類別之中。受訪學生在前後晤談中對三種測量行為的出現次數，結果顯示如圖 4-4-1。

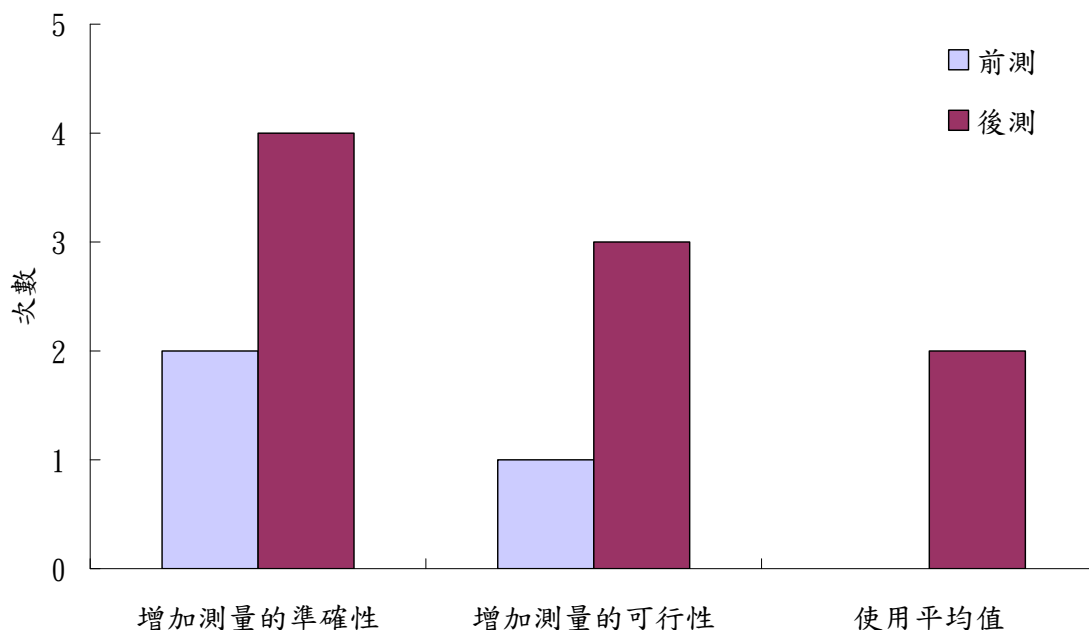


圖 4-4-1 受試學生在晤談中提及測量之次數

從圖 4-4-1 可以看出，受訪學生在前晤談中出現測量相關的行為者有三人，分別為增加準確性 2 次、增加可行性 1 次，出現次數共有 3 次，後晤談中則出現了 10 次（增加準確性 4 次、增加可行性 3 次、使用平均值 1 次），且在後晤談中共有五人有出現此三種行為。整體上來說學生在設計活動結束之後，在操作過程中考慮測量因素的人數是有增加的。以下列舉訪談片段說明此三種測量行為：

1. 增加測量的準確性

【訪談舉例 11：13-post】

13：一樣可以，...（拿起剪刀，準備剪壁報紙）...就這樣剪啊（停住，仔細看著剛剛報紙的寬度，算個大概準備剪，又覺不妥，最後把壁報紙也放在尺上，仔細對找）...，要一樣啊。

訪：什麼東西要一樣？

13：我說這邊...（用手比?報紙的寬度）...要跟這裡一樣粗。

訪：爲什麼要做得一樣粗？

13：這樣比較準啊，要剪嗎？...（把壁報紙疊在報紙上比劃出它的寬度）

訪：好~，所以就是要把它剪成一樣粗，然後就比較準。

【訪談舉例 12：17-post】

訪：對。你可以用剪刀，你可以剪，桌上的東西你都可以用。

17：...這樣對折嘛，對折之後這樣打一個洞（指著對折之後壁報紙的上端），然後打開之後，...你說是量嗎？你說是怎樣測喔。

訪：對。

17：對啊。這樣平均嘛（指對折後在紙張的上下緣的兩個洞），...我只想到一端是用掛的（拿起一個 50g 重的砝碼），然後就...（找不到桌上有鉤子）...一端有手這樣拿著，然後一端就這樣掛著（用砝碼在紙的下緣比畫），然後一樣啊，都一樣啊（指著其他的紙）。

從上述的訪談片段可以看到，學生 13 在測試紙張耐重度的操作過程中，將報紙與壁報紙剪成相同的尺寸再進行施測，並認為如此測量所得之數據比較準確；而學生 17 在後測時，則是先將紙張對折後穿一個洞，將紙張展開後，兩個洞距離上下邊界的距離將是一樣的，如此便可增加測量結果的準確性。

2. 增加測量的可行性

【訪談舉例 13：06-post】

訪：你的意思是...（拿起砝碼）...怎麼放？

06：就這樣放啊（將砝碼放到指張的中間），不過我看還是不會破，（將紙從兩側抬起）...就是這樣，然後再放在這邊啊（指著另外兩種紙張）。

訪：那還有其他的東西啊，燕尾夾啊、膠帶...你都不需要用到？

06：不用。

訪：還是說這個就可以，...這樣子做就可以了？

06：（拿起 50 克的掛碼，掂掂重量）重一點會比較好，比較容易破，容易分出來！

【訪談舉例 14：04-post】

訪：對啊，我的意思是說...嗯~一次就全部嗎？還是說怎樣做？

04：沒有，先...看會不會斷嘛，先...兩個（指要比較的兩種紙類）先放好，先用一個啊

訪：一個...，一個什麼？

04：砝碼啊。

訪：我有很多種砝碼耶，這...小、中、大，小的 10 克、20 克、50 克...

04：先放 10 克啊，以防萬一會斷掉，對啊，再不會斷的話就放大的，等它...看能撐

多久，如果撐的最多的...那個壁報紙就耐重程度就比較大。對啊。

...

訪：怎麼剪？

04：剪出一個洞嘛，大張跟小張各放砝碼...

訪：怎樣大張？怎麼樣小張？

04：就是...大張的嘛，一起兩個都掛在那個牆壁

訪：我的意思是說多大張跟多小張？

04：小張就是這種的啊（指桌上 A4 大小的報紙）；大張就像桌子這種大小的

訪：沒有了啊，我就只有五張這種的啊（指桌上 A4 大小的報紙）。

04：沒有了喔，那就把它剪一半啊，然後就這樣子嘛，（拿起報紙跟一個砝碼）不用剪...把它扣再下面（要把砝碼扣在紙上）...，ㄟ~不是有膠帶嗎？用膠帶黏就可以了...

訪：所以就是先剪一半之後，然後也是一樣用膠帶把它黏起來？

04：對啊，用膠帶把它黏起來扣啊。

從上述的訪談片段中可以發現，一樣是為了可以增加測量的可行性學生 06 與 04 在砝碼克數的選擇上就有很大的差異。學生 06 認為紙張很厚，可能不是很輕易就會破，為了可以看到其破掉以測試出其準確的耐重度，所以認為應該從重一點的 50 公克砝碼開始放；而學生 04 則是認為避免紙張會斷掉而影響測量的結果，所以應該從最小的砝碼開始放。此外，學生 04 在後晤談的操作題中出現此種增加測量的可行性之行為共有三次；而前晤談中學生 04 的回答中則完全沒有提及任何相關的敘述。

3. 使用平均值

【訪談舉例 15：11-post】

訪：嗯~那你要怎樣去做到不同尺寸呢？不同尺寸要怎麼做？

11：把它裁大、中、小三個，然後（比?寬度）大就三嘛、中就兩啊、二公分嘛，小就一公分啊，三條啊就一起測。

訪：公分，三公分、兩公分、一公分，是什麼？

11：大小啊，它的大小，尺寸啊。

訪：那小青想要知道不同張數的報紙的耐重程度。

11：不同張，...

訪：對啊，不同張，報紙她有五張這麼大的（指著 A4 大小的報紙），

11：大小都一樣，就一樣啊。

訪：可是...，喔，那怎麼做？我不是要問你答案，我是要問你會怎麼做？

11：就兩個一樣就好了啊，就全部都一樣了啊，沒有啊就量五次嘛，然後加起來除以五啊。

訪：不同張數捏，爲什麼要量五次？

11：就五張不同，不同張啊。

雖然，學生 11 在此回答不同張數報紙的耐重程度時，是認定為「不同張」報紙的時候，所進行耐重程度的試驗；但從其對話中明確地表達出其對實驗結果所得之數據，應以平均值表示的概念。

從訪談對話中可以發現，訪談者並沒有特別要求學生對增進測量的效果進行回答，因此學生在說明操作方法時，所提及的增加測量的準確性、可行性與使用平均數等方法，則完全是學生本身認為如此的作法將有助於透過測試的結果來瞭解事物、現象之間的關係。且從上述的圖 4-4-1 與訪談舉例中可以發現，設計活動結束之後學生在進行實驗操作時，會主動地考慮如何減少誤差與增加測量所得結果之準確性。

二、「控制變因」能力前後晤談之分析

依據美國科學促進協會對十三項科學過程技能（S-APA）中的定義，其中將控制變因定義為一方面突顯觀察的現象，另一方面減少或排除干擾的因素，使所觀察所得之結果能如預期（甘漢銑、陳文典，1995）。因此，當在進行實驗操作時，學生必須在「操作」單一變因的同時「控制」其他變因固定值，才能觀察到變因之間的影響關係。

在本研究中所探討之「控制變因」係指受訪學生在開放性與封閉性的訪談問題中，依循題目中給予的線索，以操作變因與控制變因的原則，來獲得的觀察結果得以回答訪談問題。其中四~六題為給予特定的器材，要求學生依據這些器材進行開放性的操作實驗，以回答題目要求的不同紙張材質、不同尺寸、不同張數的紙張耐重度。七~九題為則是給予實驗的裝置圖，讓學生依據題意選擇符合之實驗裝置，包括比較不同輪胎、不同載重量、不同傾斜度。

以下分別由受訪學生在訪談大綱中關於控制變因的作答類型，區分為正確操作變因、操作錯誤變因與沒有操作變因三類進行討論。

(一) 正確操作變因

由受訪學生在訪談大綱中的開放性問題與封閉式問題之回答情形，了解設計活動對學生正確操作變因與操作變因的能力之改變情形。

(1) 開放性問題

透過受訪學生在訪談大綱「小青認為壁報紙的耐重程度會最大。在只能使用桌上物品的情形下，請問小青應該如何證明壁報紙的耐重程度會最大？」、「小青想知道不同尺寸的報紙之耐重程度。在只能使用桌上物品的情形下，請問他要如何知道？」、「小青想知道不同張數的報紙之耐重程度。在只能使用桌上物品的情形下，請問他要如何知道？」等開放性問題的回答，了解學生在設計活動之後控制變因的能力之表現情形。六位受訪學生於前後晤談中，對操作紙張材質、操作紙張尺寸與操作紙張張數等三個開放性問題的表現情形，如圖 4-4-2 所示。

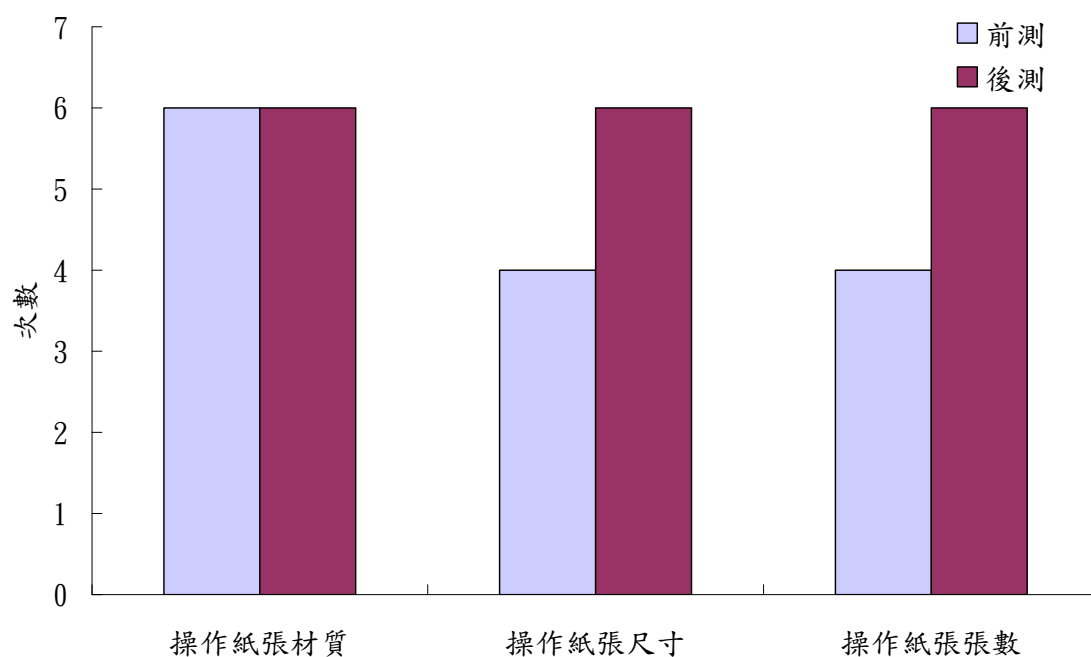


圖 4-4-2 開放性訪談問題前、後測作答情形

1. 操作紙張材質

圖 4-4-2 顯示，受訪學生在操作紙張材質一題的前、後晤談的作答表現是有前後一致的情形，推測其原因主要是因為在本題的題目中，原本就是要求學生對不同材質的紙張進行試驗，因此所有的學生在有回答的情形下都會被編入此碼。

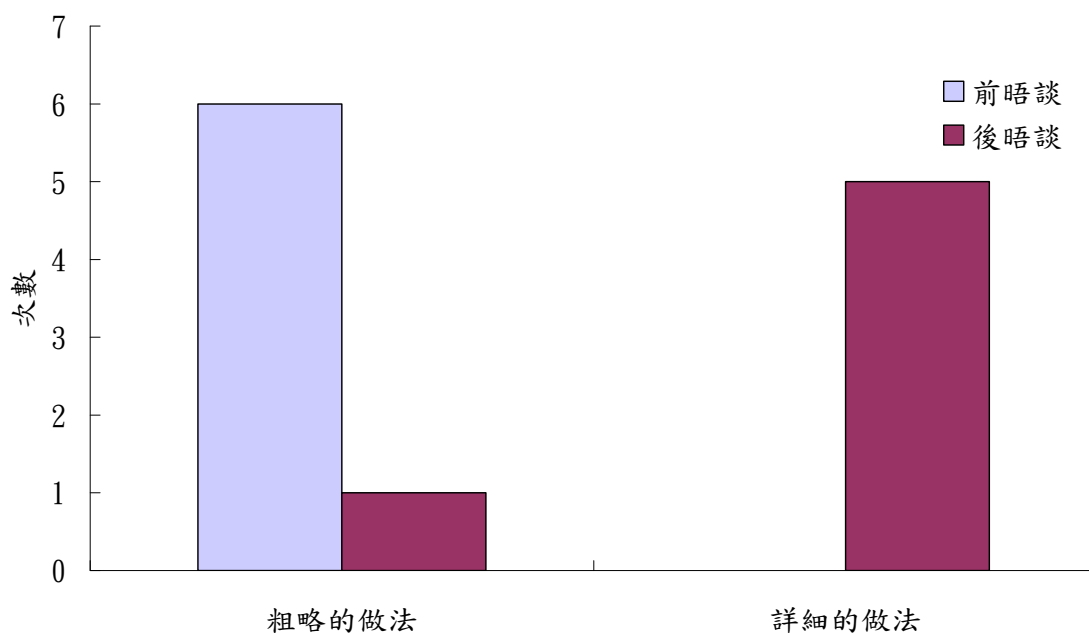


圖 4-4-3 操作紙張材質變因之作法細分圖

然而，儘管所有學生的回答都有提及操作紙張材質做為變因，但受訪學生提及操作紙張材質的做法上詳細度的差異，從圖 4-4-3 顯示前、後晤談中學生在做法上的差異，以下列舉訪談片段說明之：

① 粗略的做法

【訪談舉例 16：04-pre】

訪：好~現在桌上有報紙、壁報紙和衛生指各五張，10g、20g 法碼各五個，膠帶一捆、剪刀、尺一把跟燕尾夾幾個。現在小青認為壁報紙的耐重程度最大，而在只能使用這些東西的時候，你覺得小青要如何證明壁報紙的耐重程度最大？

04：就用這些喔？

訪：對就只能用這些東西。要怎樣證明壁報紙的耐重程度最大？

04：就...就...（拿起一張壁報紙），可以動嗎？

訪：可以啊，你可以用做的也可以用說的。

04：哪就給她這樣（將壁報紙平放），就把 20 克的放這邊（手指著紙的中間）...幾個...各五個，就給它放上去，應該就可以了。

【訪談舉例 17：11-pre】

訪：看它密度。那要怎麼知道它的密度？

11：就看哪一個比較重，或比較硬啊。

訪：對啊，那你怎樣知道...怎樣去測？怎樣去做？

11：泡水。

訪：泡水，然後咧？

11：然後就撕一半啊，看哪一個比較好撕。

訪：你是說...泡水之後就撕撕看，看哪一個比較好撕。比較好撕的就是...？

由上述的訪談片段可以看出，在前晤談中因為題意的要求，學生大多都能提及要依據其作法對不同紙張材質進行比較。然就如同學生 04 與 11 在比較不同紙張材質，是以「看哪一個比較重或好撕」的說法進行比較，但對於詳細的如何操作不同紙張材質的變因進行實驗觀測並沒有多做說明。顯示學生在前晤談中雖能依據題意操控紙張材質做為實驗變因，但僅止於粗淺的提及而沒有詳細說明。

② 詳細的做法

【訪談舉例 18：06-post】

訪：...，好~下一頁，一樣喔，桌上有報紙、壁報紙和衛生紙，然後有這些器材，砝碼十克、二十克、這是五十克的，然後有這些東西...膠帶、剪刀、尺跟夾子。好~現在小青認為壁報紙摸起來比較厚，她假設壁報紙的耐重程度會最大，她現在要怎運用這些器材，證明壁報紙的耐重程度真的是最大？

06：兩張紙嘛，(拿起壁報紙跟報紙各一張，再拿起衛生紙一張，在桌上並列平放)...然後各放砝碼啊，看哪兩個先破掉，就是那張最...比較差的，然後沒有破掉的就是比較好的，因為你這樣放啊，看哪一個會破...

【訪談舉例 19：17-post】

訪：好~下一頁。現在桌上有很多紙。報紙、壁報紙和衛生紙，然後有砝碼、膠帶、剪刀、尺跟燕尾夾之類。好~第四題。小青認為壁報紙摸起來最厚，所以她覺得壁報紙的耐重程度會最大，現在只能在運用桌上的東西...的情形之下，要怎樣證明壁報紙的耐重程度比較大？

17：...這三個？(指報紙、壁報紙和衛生紙)...就這樣子，一個一張？

訪：對。你可以用剪刀，你可以剪，桌上的東西你都可以用。

17：...這樣對折嘛，對折之後這樣打一個洞(指著對折之後壁報紙的上端)，然後打開之後，...你說是量嗎？你說是怎樣測喔。

訪：對。

上述的訪談片段與圖 4-4-3 顯示，在設計活動之後的晤談中，受訪學生不僅可以明確的說出量測紙張耐重度的方法，對於操作不同紙張材質進行比較的過程亦有詳細描述。此外，在後晤談中僅學生 02 未提及比較紙張材質的詳細作法。顯示學生在後晤談中對於操控紙張材質做為實驗變因能有詳細的說明。

2.操作紙張尺寸

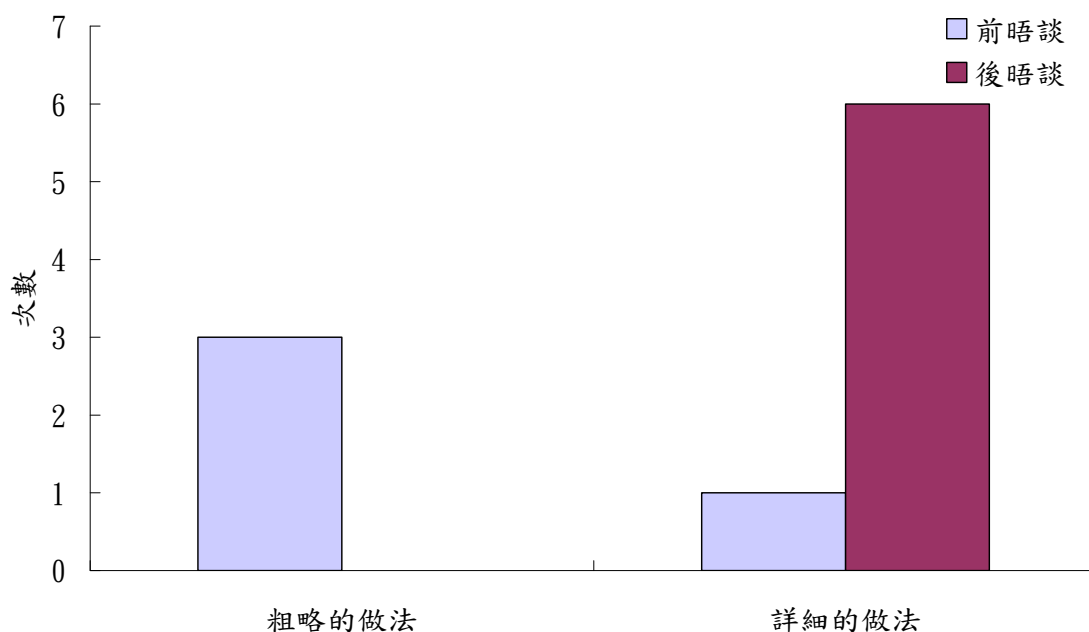


圖 4-4-4 操作紙張尺寸變因之作法細分圖

圖 4-4-2 顯示，受訪學生在操作紙張尺寸的訪談問題的表現上，由前晤談的四人能提出說明或做法進行操作紙張尺寸做為變因，增加至後晤談中的全部受訪者均能操作紙張尺寸以進行實驗觀測。顯示設計活動之後學生在操作紙張尺寸為變因的能力上是有進步的。

儘管所有學生的回答都有提及操作紙張尺寸做為變因，但受訪學生提及操作紙張尺寸的做法上詳細度的差異，從圖 4-4-4 顯示前、後晤談裡學生在做法上的差異可區分為粗略的做法與詳細的做法，以下列舉訪談片段說明之：

①粗略的做法

【訪談舉例 20：04-pre】

訪：那小青想知道不同尺寸的報紙，這個報紙不同尺寸的時候它的耐重程度是怎樣？

04：什麼意思？

訪：就是...一樣都是報紙，它的不同尺寸的時候，它的耐重程度要怎樣知道？

04：ㄗ...喔就比較大，然後比較小這樣子...就測啊，

訪：那怎麼測？

04：就是弄成不同尺寸啊，然後去測啊

【訪談舉例 21：17-pre】

訪：爲什麼要盡量拉平？

17：因爲你這樣子的話（雙手做提起的動作），這樣每一張紙都可以了啊，連這麼小的紙都可以啦...都可以舉起來。把它包起來這樣就可以了啦。

從圖 4-4-4 與上述的訪談片段中可以發現，在前晤談提及操控紙張尺寸做為變因的四人之中，有三人僅只是提及「就弄成不同尺寸，然而去測」的說法，而對於如何以較為詳細量測不同尺寸的操作方法沒有提及。顯示學生在設計活動之前在操作紙張的尺寸之敘述中，僅有粗淺的提及要操作不同尺寸而沒有詳細說明如何操作。

②詳細的做法

【訪談舉例 22：11-post】

11：用這個（拿起 50g 的砝碼）把它鉤上去，然後再用砝碼鉤上去，看它什麼時候斷掉。

訪：嗯~那你弄出來是它（指著壁報紙）自己掛了幾個砝碼啊，然後咧？

11：就這樣掛在牆上，然後一個一個掛。

訪：對啊，...好，假設它（壁報紙）掛了 210g 斷掉。

11：那就是它的耐重度 210 啊。

訪：對啊，耐重度 210 是它（壁報紙）的啊，但是你要怎麼知道誰是最耐重？

11：一樣啊，...一樣切一條啊全部，然後測。

訪：嗯~所以都是每一種都切一條去做就對了。...那是它（指壁報紙）切成這麼大一條（比?約 3cm），跟（指報紙）這麼大一條（比?約 1cm）？

11：一樣大啊，2 公分就好了，然後再去測測測（三種紙各比了一次）。

訪：爲什麼要一樣大？

11：因爲要公平啊，...只能一種不一樣。

【訪談舉例 23：06-post】

訪：好~，第五題，小青現在經過剛剛的實驗，現在她想知道不同尺寸的報紙的耐重程度。她應該要怎麼做？

06：報紙，...就是找幾片啊，一些小的，一些大的，（拿起一張報紙作勢要把它撕開）...也是一樣慢慢放啊...砝碼...

訪：怎樣做成...一些小的，一些大的？

06：用剪的，...就是剪這樣，這邊長方形、這邊就正方形，大小邊...不一樣，然後就慢慢放...對啊。

圖 4-4-4 顯示設計活動結束之後，學生對操作紙張尺寸的變因從前晤談的四人增加至後晤談的六人，且六人對操作紙張尺寸有較詳細的說明。從上述的訪談

片段中可以發現，學生在後晤談的訪談對話裡對切割成不同尺寸的作法有較為詳細的說明，且能據此操作不同尺寸的紙張進行實驗觀測。

3.操作紙張張數

圖 4-4-2 顯示，受訪學生在操作紙張張數的訪談問題的表現上，由前晤談的四人能提出說明或做法進行操作紙張張數做為變因，增加至後晤談中的全部受訪者均能操作紙張張數以進行實驗觀測。顯示設計活動之後學生在操作紙張張數為變因的能力上是有進步的。儘管所有學生的回答都有提及操作紙張張數做為變因，但受訪學生提及操作紙張張數的做法上詳細度的差異，從圖 4-4-4 顯示前、後晤談裡學生在做法上的差異可區分為分堆與逐張測試的做法，以下列舉訪談片段說明之：

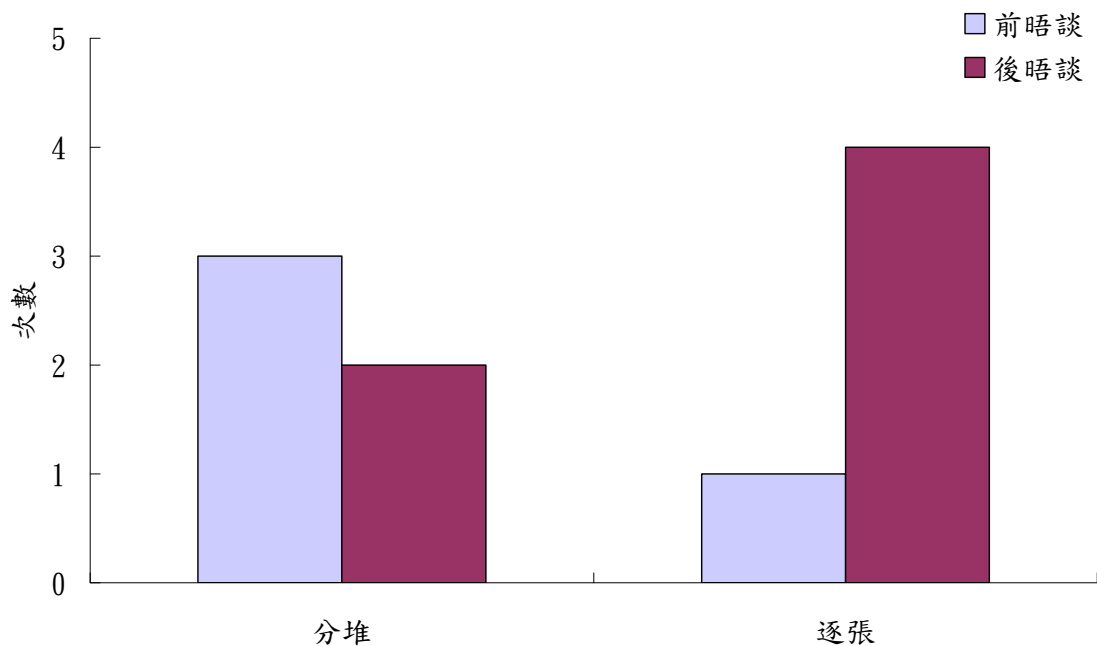


圖 4-4-5 操作紙張張數變因之作法細分圖

①分堆

【訪談舉例 24：02-pre】

訪：小青想知道不同張數的報紙時候，它的耐重度。它要怎麼做？

02：不同紙張.....它的意思是說一張跟兩張，在一起比較？

訪：對。

02：那可以分成一個是兩張，一個三張，然後去測。就是也是掛法碼。

訪：就跟前面兩個一樣，中間挖一個一公分的小洞然後掛法碼？

02：對！

【訪談舉例 25：02-post】

訪：第六題，小青想知道不同張數的報紙時候，的耐重程度。她要怎麼做？

02：有五張嘛，就是兩張就是一起啊，然後三張合在一起。

訪：嗯~

02：然後就掛啊。

訪：如過我說我要測十張呢？

02：十張，但是你就只有五張而已啊，不然就是你要那個...要用剪刀剪啊

訪：然後剪刀剪...怎麼剪？

02：就是全部對折啊，然後裁中間啊。

訪：那為什麼要裁中間？

02：就是那個啊...就是尺寸要一樣啊。

訪：...為什麼尺寸要一樣？

02：因為她只是要測不同張數啊，然後尺寸就不能變啊

由上述的訪談片段與圖 4-4-5 可以知道，在前晤談提及操控紙張張數做為變因的四人之中，有三人是以「有五張就分成兩推，一個是兩張，一個三張，然後去測」的作法。顯示學生在設計活動之前在操作紙張張數的做法中，是以直接分堆的方式去進行實驗測量為較多。

②逐張測試

【訪談舉例 26：06-pre】

訪：用剛剛的方法，好，你做做看。

06：就是把掛碼放上去，拿起來。不過我想應該是不會破，因為剛剛就已經不會破了。

訪：我們有很多掛碼啊，通通都可以用。那要怎麼測？

06：先用一張嘛，先拿一張然後放砝碼，把法碼包起還放在上面。

訪：你就做啊。

06：我怕把你的紙用破掉。

訪：沒關係我有很多，你就做吧。

06：（把砝碼放上去，提起來）沒破，一張都不會破，那後面一定不會破啊。

訪：沒關係你還是做一下。

06：第二張嘛，假如第一張已經破了就拿另一張，拿兩張疊在一起來測，就這樣（一樣的做法，放上砝碼講紙張提起）。

【訪談舉例 27：17-post】

訪：好~第六題。小青想知道不同張數的報紙的耐重程度。要怎麼做？這邊不同張數

就是一張、兩張、三張...這種厚度不一樣的時候。耐重程度要怎麼比？

17：耐重程度。...就是把（拿起一張報紙）先量一張的嘛，就剛剛那種一樣，然後在疊兩張、三張、四張...，這樣。

由上述的訪談片段與圖 4-4-5 可以知道，在設計活動之後的晤談中，提及操控紙張張數做為變因的六人之中，有四人是以「先量一張的耐重度，在逐一增加張數」的作法，其中另外兩人學生 02 與 13 則是維持其前晤談的分堆量測的做法。顯示在設計活動之後學生對於操作紙張張數的做法，是以逐一增加張數的方式去進行實驗測量為較多。

4.小結

由上述學生在紙張材質、紙張尺寸、紙張張數等訪談問題的回答中可以看到，受訪學生在設計活動之前對於操作紙張材質與紙張尺寸做為測量變因，多僅止於粗略的提及而已，並沒有對其操作方式詳加說明；相較於前晤談的作答方式，後晤談中學生較能對操作紙張材質與紙張尺寸的變因進行說明，並進行實驗量測。在操作紙張張數的變因中，前晤談時學生則以分堆量測的方式為主；後晤談時則以逐一增加張數的方式為主。

(2)封閉式問題

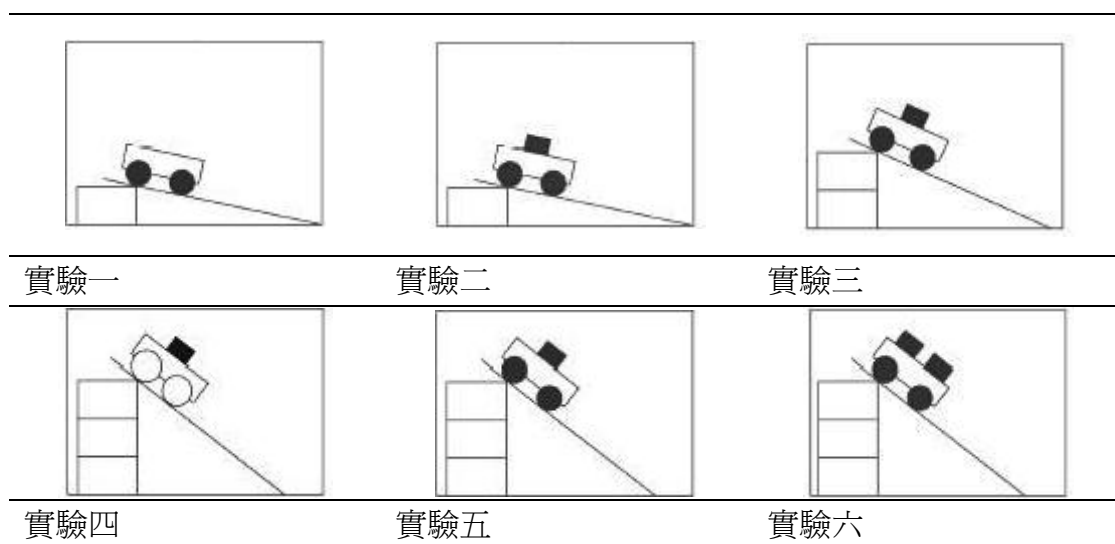


圖 4-4-6 封閉性訪談問題的實驗裝置圖

透過訪談以了解學生在不需考量實驗操作的情形下，依據題目之要求選擇出符合題意的實驗裝置，其中分別以不同輪胎、載重積木、磚塊高度等變因組成圖

4-4-6 中的六個實驗，讓學生從中勾選能夠回答輪胎材質、載重量、傾斜度對滑車下滑速度的影響，藉由學生的作答與對其解釋，了解學生控制變因的能力。受訪學生前、後測在三題封閉性訪談問題的作答情形，如圖 4-4-7 所示。

1. 操作輪胎材質

【訪談舉例 28：04-pre】

訪：... ..。好~吧，下一題，我做了六個實驗，在這個實驗中有兩種不同的輪胎黑色跟白色，其它如墊的磚塊、滑車的材質、坡道的材質、載重的積木都是相同的。現在小興（我）想要知道輪胎對滑車下滑速度的影響，可以用哪幾個實驗做比較，為什麼？
可以先用寫的，寫哪幾個比較。

04：《實際作答》實驗 4、5

滑車下滑速度？... ㄗ~3、4、5，因為她們高度比較平均，然後... 應該是 4、5，就高度比較平均，然後這兩顆都一樣啊（手指滑車上載重的積木）。

訪：哪裡不一樣？

04：都一樣啊，就輪胎不一樣。

【訪談舉例 29：04-pos】

訪：不對~，我不是問滑下來的速度不一樣，我是問載重量，我剛剛要問的也是不同輪胎，我問的是不同輪胎對下滑速度的影響，跟不同的載重量對下滑速度的影響。所以這時候要看什麼？

04：...

訪：好~第七題。輪胎要怎麼看？

04：就白輪胎跟黑輪胎來比嘛。

訪：對啊，那應該要怎麼比？

04：實驗四跟實驗五一起來比，對啊，都一樣啊，積木跟那個磚塊都一樣高，只有輪胎不同而已。

訪：所以比輪胎的時候你說要用哪幾個比？

04：實驗四跟實驗五。

《實際作答》實驗 4、5

上述的訪談片段與圖 4-4-7 顯示受訪學生在前晤談時，在問及輪胎對滑車下滑速度的影響時僅有學生 04 一人，後晤談時則為全部學生能正確勾選操作輪胎材質的實驗四與實驗五，並能正確說出是只有黑白輪胎的差異，其他如載重量、傾斜度等變因是不變的。由此可知，本研究之設計活動結束後學生在以輪胎材質為操作變因的訪談問題中的表現是有進步的。

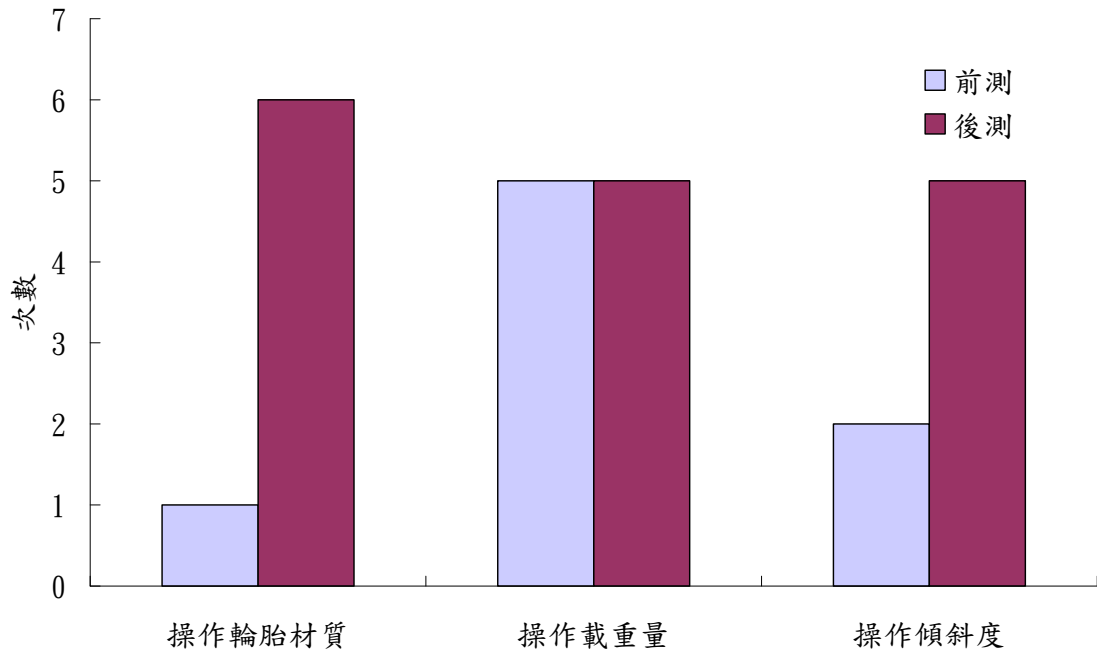


圖 4-4-7 封閉性訪談問題前、後測作答情形

2.操作載重量

【訪談舉例 30：02-pre】

訪：小興想知道上面放的載重量對滑車的下滑速度的影響，可以用哪幾個實驗來比？

02：【實際作答】還是實驗一跟實驗二比較。

因為如果要比再重量的話，就可以先看原本沒有載的速度會多快，之後在用二的擺一個重，就可以看哪一個比較快。

【訪談舉例 31：13-pre】

訪：我想知道上載重量，滑車上面的載重量對滑車的下滑速度的影響，可以用哪幾個實驗來比？

13：...載重量？

訪：就是上面放的積木，我要知道上面放的載重量對滑車下滑速度的影響，我要比哪幾個？

13：《實際作答》實驗 5、6

因為這個（實驗五）只有一個，這個（實驗六）它有兩個，比較重就比較慢。

【訪談舉例 32：17-pos】

訪：好~，第八題。我想知道不同的載重量的影響，要怎麼比？

17：不同載重量，比那個...五跟六。

《實際作答》實驗五、六

訪：為什麼？

17：因為就是他們那個磚塊，墊的磚塊一樣、傾斜度也一樣，然後輪胎也一樣，就上面載的積木不同；實驗六是兩個，然後實驗五是一個。所以就可以知道啦。

由上述的訪談片段與圖 4-4-7 可以知道受訪學生在前、後晤談裡，被問及載重量對滑車下滑速的影響時，學生普遍均能正確勾選操作上載積木的實驗裝置。此外，前晤談中學生大多只有指出載重量的不同，而對其他不能變的控制變因並沒有提及。另外從學生 13 的前晤談的對話中可以發現，學生在普遍認為載重越重的滑車其下滑速度就會越慢，推測可能是學生在被問及載重量對下滑速度影響時，可以立即選出載重量不同的裝置相互比較，因此本題的答題表現在前測時有比輪胎材質與傾斜度兩題的表現較好的原因。

後晤談中，學生則不僅能正確勾選適當的實驗裝置，並可明確指出其他變因需要控制不變。由此可知，本研究之設計活動結束後學生在操作載重量的訪談問題中雖然前、後兩次晤談之間的表現在人數的數量上一樣的，但對於在說明原因與控制其他不變的變因之表現上是有進步的。

3.操作傾斜度

【訪談舉例 33：06-pre】

訪：對~，好，第九題，小興想知道坡道的傾斜度對滑車下滑速度的影響？

06：【實際作答】2、3、5

訪：為什麼？

06：就傾斜度不一樣啊

【訪談舉例 34：06-post】

訪：好~，我想知道坡道的傾斜度的影響，要怎麼比？

06：二、三、五。

《實際作答》實驗二、三、五

訪：為什麼？

06：因為都各載一個，然後輪胎一樣是黑色的，木塊，一個一、一個二、一個三，所以坡度都不一樣。

由上述的訪談片段與圖 4-4-7 可以知道受訪學生在前晤談中，僅有兩位學生能勾選正確操作傾斜度的實驗裝置；後晤談時則有五位學生能勾選正確操作傾斜度的實驗裝置。

此外，從學生 06 前、後晤談的對話內容顯示，在前晤談時只有指出傾斜度的

不同，而對其他不能變的控制變因並沒有提及；後晤談時學生 06 則不僅能正確勾選適當的實驗裝置，並可明確指出其他變因需要控制不變。由此可知，本研究之設計活動結束後，學生在操作傾斜度為變因的訪談問題中的表現是有進步的。

(二) 操作錯誤變因與沒有操作變因

除上述正確操作變因之回答類型之外，根據受訪學生在封閉式訪談問題中的回答，將學生未能正確操作變因的作答類型區分為操作錯誤變因與沒有操作變因兩類；其中操作錯誤變因係受訪學生未能依據題意操作正確變因，並給予編碼名稱為「答非所問」，如：問傾斜度卻回答輪胎材質相關的答案。沒有操作變因係受訪學生未能依據題意操作變因，並給予編碼名稱為「兩個以上變因」，如：同時說明高度不同「且」重量不同。以下列舉訪談片段說明之：

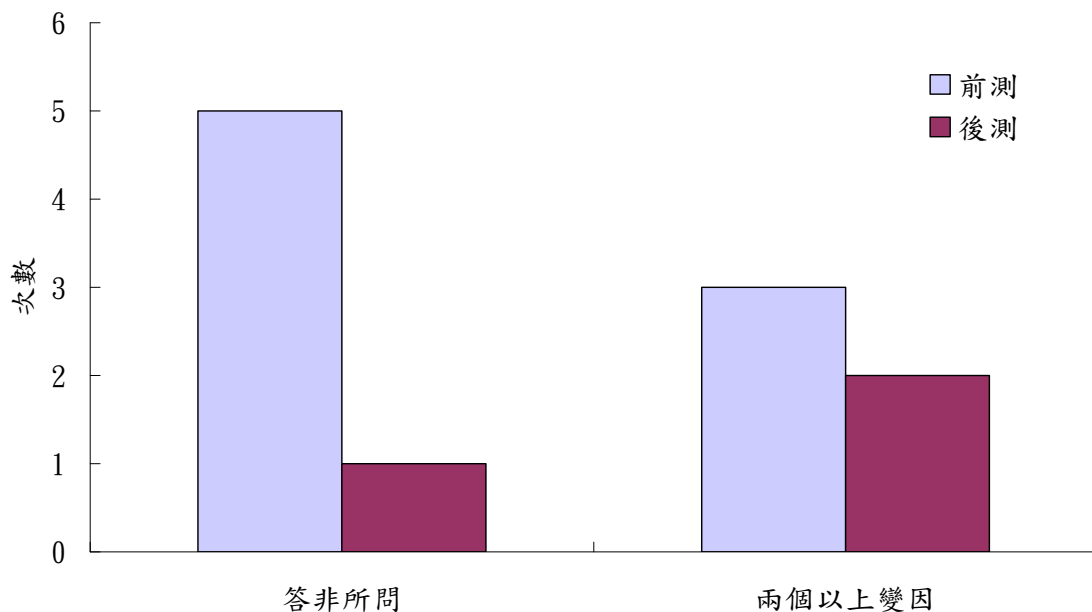


圖 4-4-8 受訪學生在晤談中提及之錯誤變因次數

(1) 操作錯誤變因

受題意之影響

【訪談舉例 35：02-pre】

訪：小興做了六個實驗，在這個實驗中有黑色跟白色兩種不同的輪胎，其它如墊的磚塊、滑車的材質、坡道的材質、載重的積木都是相同的。請問小興想知道輪胎對滑車下滑速度的影響，可以用哪幾個實驗做比較，為什麼？

02：《實際作答》實驗一跟實驗二比；實驗四跟實驗五比。

實驗一跟二的比因爲一個有放積木一個沒有放積木，這樣就可以測得有放得跟沒放的哪一個比較快；

【訪談舉例 36：11-pre】

訪：小興就是我，我做了六個實驗，在這個實驗中有兩種不同的輪胎黑色跟白色，其它如墊的磚塊、滑車的材質、坡道的材質、載重的積木都是相同的。我現在想要知道輪胎對滑車下滑速度的影響，可以用哪幾個實驗做比較？

11：《實際作答》實驗 1、4

這兩個...1 跟 4。

訪：爲什麼？

11：都一樣重啊（手指滑車），那實驗二多這個（指載重積木）會阻風力啊，還有阻那個氣壓，就變慢。

訪：可是我要知道輪胎啊？

11：輪胎...因爲它的輪胎比較大啊，就可以走得比較多。

【訪談舉例 37：13-pre】

訪：小興就是我，我做了六個實驗，只有輪胎黑色跟白色是不一樣，其它如墊的磚塊、滑車的材質、坡道的材質、載重的積木都是相同的。那現在我想知道輪胎對滑車下滑速度的影響，可以用哪幾個實驗做比較？

13：影響？重力加速度。

訪：我不是要問這個。我是要問你我做的這些實驗之中，輪胎...對滑車下滑的速度的影響。

13：輪胎。就是什麼下來的速度？

訪：我通通都在這裡（指最高點）放掉，車子不是都會往下滾嗎？那我現在要知道不一樣的輪胎對下滑速度的影響，那我應該要用哪幾個實驗來比較？

13：實驗喔。選這些喔？

訪：對。用選的。

13：《實際作答》實驗 5、6

因爲這個（指實驗六的圖）它載的比較重，它有兩個會比較慢，這個（實驗五）它比較輕會比較快。

上述的訪談片段顯示受訪學生在設計活動之前的晤談中，可能會受題意中下滑速度的影響，而勾選認為可以比較出速度差異的實驗裝置，且學生會認為載重比較多的滑車，因為比較重所以會跑得比較慢，這可能也是學生在載重量的影響一題中即便是前測亦可以正確的做出載重量的比較。顯示受訪學生在設計活動之前對於輪胎、載重與傾斜度等變因對滑車的下滑速度的影響中，會直接考量影響滑車下滑速度的因素只選出影響速度之因素，而沒有操控題目中真正要其進行比

較之變因。

錯誤變因

【訪談舉例 38：06-pre】

訪：小興作了六個實驗，裝置如下圖：第一個是這樣，第二個...第三個...第四個...第五個...第六個...。好~問題來了，我要比較輪胎對滑車的下速度的影響，我要用哪兩個實驗做比較？

06：哪兩個做比較？

訪：對，哪兩個或哪些實驗做比較？

06：這兩個，不然就這兩個。

訪：你寫嘛，你用寫的。

06：可以用哪幾個，2、3、5。

訪：爲什麼？爲什麼是 2、3、5？

06：因爲他們輪子一樣，上面黑黑的（指載重用的積木）也一樣，但是下面的高度不一樣，所以可以測。

【訪談舉例 39：17-pre】

訪：第九題，小興想知道坡道的...，就是坡的傾斜角度，傾斜度對滑車...這樣放下去下滑，哪一個比較快的影響...就是傾斜度哪一個影響比較快，他應該怎麼測？應該比哪些？

17：哪些？應該是比...是一樣是載重量嗎？

訪：沒有。是傾斜度...

17：傾斜度？

訪：嗯。

17：...五跟六。

《實際操作》5、6

訪：爲什麼？

17：它的這個一樣嘛。（指著磚塊的高度）...傾..傾斜度一樣啊，然後是重力加速度下去會比較快，這個（實驗五的積木）比它（實驗六的積木）少，所以第六個應該會比較快。

在答非所問的編碼項目之中，受訪學生在設計活動的前晤談中，對題意所要求之某變因對下滑速度之影響，有部份學生會直接將該變因控制不變而操作其他的影響因素，如學生 17 在前晤談中的輪胎材質、載重量、傾斜度三題中，均是以此一回答類型回答訪談問題，分別將輪胎材質、載重量、傾斜度控制不變。顯示學生在接受設計活動之前，學生並無法明確的操作變因並操作單一變因以觀察其試驗結果。

(2) 沒有操作變因

操作兩個變因

【訪談舉例 40：11-post】

訪：好~第八題，我要知道不同的載重量有什麼影響，要怎麼比？比哪幾個？

11：不同的載重量，...四跟六；因為他多一顆。

訪：四跟五，為什麼？

11：四跟六。

訪：為什麼？

11：因為他只有輪胎不一樣，然後載重量多一個。

【訪談舉例 41：13-post】

訪：第八題，我要知道不同載重量的影響？

13：好~我知道了，...（做答中）...，黑色根白色，...現在要比什麼？

訪：比不同的載重。

13：...第四個跟第六個。

訪：好~為什麼？

13：因為，這邊沒有兩塊的，都是一個、一個的。

訪：對啊，我要知道不同的載重量咧。

13：不同的載重量。

訪：對啊，載重量不同的時候。

13：可以別的吗？高斜有沒有差？

訪：高斜，我不知道耶。

13：斜比較快。

訪：我沒有問你快慢喔，我問你的是不同的載重量。

13：不同載重量，...一定要這兩個嗎？

訪：沒有啊，你六個都可以用啊。

13：載重量喔，...3 跟 4...；就是兩個積木都一樣重，都一人一個啊，然後這個磚塊高度不一樣，輪胎不一樣，...不知道怎麼講。

《實際做答》實驗三、四。

上述的訪談片段顯示，學生 11 雖然能依據題意選出符合的操作變因，但其回答除了操作不同載重量之外，另外也選擇了不同的輪胎材質；雖然同樣是選擇了兩個變因，學生 13 則是將原本應該操作的變因「載重量」，變成控制不變的因素。

受題意之影響

【訪談舉例 42：04-pre】

訪：小興想知道坡道的傾斜度對滑車下滑速度的影響，可以用哪幾個實驗來比？

04：《實際作答》實驗 1、6

因為一個比較低，然後一個比較高又比較重，一個沒重量。

【訪談舉例 43：11-pre】

訪：小興想知道坡道的傾斜度對滑車下滑速度的影響，可以用哪幾個實驗來比？

11：《實際作答》實驗 1、4

傾斜度...，1 跟 4；因為這個（實驗一）比較平啊；這個（實驗四）比較斜，而且它的輪胎也比較大走得比較快，又有積木；這個（實驗一）沒有啊。所以實驗四比較快啊。

上述的訪談片段顯示受訪學生在設計活動之前的晤談中，可能會受題意中下滑速度的影響，勾選認為可以比較出速度差異的實驗裝置，且為選出下滑速度最快的裝置，學生會有選擇兩種以上的影響因素，而沒有依據題目操作單一的變因。

(三) 小結

透過回答類型的整理，可以發現學生對於正確操作變因、錯誤操作變因與沒有操作變因的回答中，在設計活動之後對控制變因與操作變因能力的表現是有進步的。而且學生對滑車的載重，普遍都認為載重越多其下滑速度越慢，因此在訪談大綱中關於載重量的操作變因一題，學生前、後晤談的表現都蠻一致的。此外，前晤談中受訪學生會直接考量影響滑車下滑速度的因素只選出影響速度之因素，沒有操控題目中真正要其進行比較之變因，並且無法明確的控制變因並操作單一變因以觀察其試驗結果。

三、「下操作型定義」能力前後晤談之分析

依據美國科學促進協會對十三項科學過程技能（S-APA）中的定義，其中將下操作型定義為用敘述操作的方式說明所欲探討對象之定義（甘漢銑、陳文典，1995）；當在進行實驗操作時，操作型定義則可以使所有人了解什麼是要觀測的、要如何測量，而且更可以據此比較所有實驗的結果。

在本研究中所探討之「下操作型定義」係指受訪學生在開放性的作題中，依據其本身對「耐重度」的定義所進行之實驗操作方法。並將訪談資料中學生提及耐重度的操作型定義的相關回答歸納整理成三類：中間置重、掛重、密度。其中

「中間置重」係受試者認為耐重度的就是紙張兩端抬起時所能放的砝碼數；「掛重」係受試者認為耐重度的就是紙張下端所能吊掛的砝碼數；「其他方法」係受試者以其他的方式去定義紙張耐重度。

受訪學生在前後晤談中，以人位單位對三種耐重度定義的出現次數，結果顯示如圖 4-4-9；受訪學生依據其持有之耐重度定義而對實驗進行的操作方法，顯示如圖 4-4-10。

從圖 4-4-9 中可以發現，受訪學生在前晤談時持有的耐重度定義「中間置重」、「掛重」與「密度」者，分別有 3 人、2 人與 1 人。後晤談時「中間置重」減為 1 人、「掛重」增加為 8 人與「密度」則減為 0 人。由此可知，前晤談時受訪學生所持的耐重度定義以中間置重者居多，掛重者次之；而在後晤談時則是以掛重的耐重定義為最多。

再從受訪學生在持有的定義下所進行之實驗操作來看，圖 4-4-10 為前後晤談中各操作方法出現的次數。以下以訪談片段舉例說明各定義之操作方法：

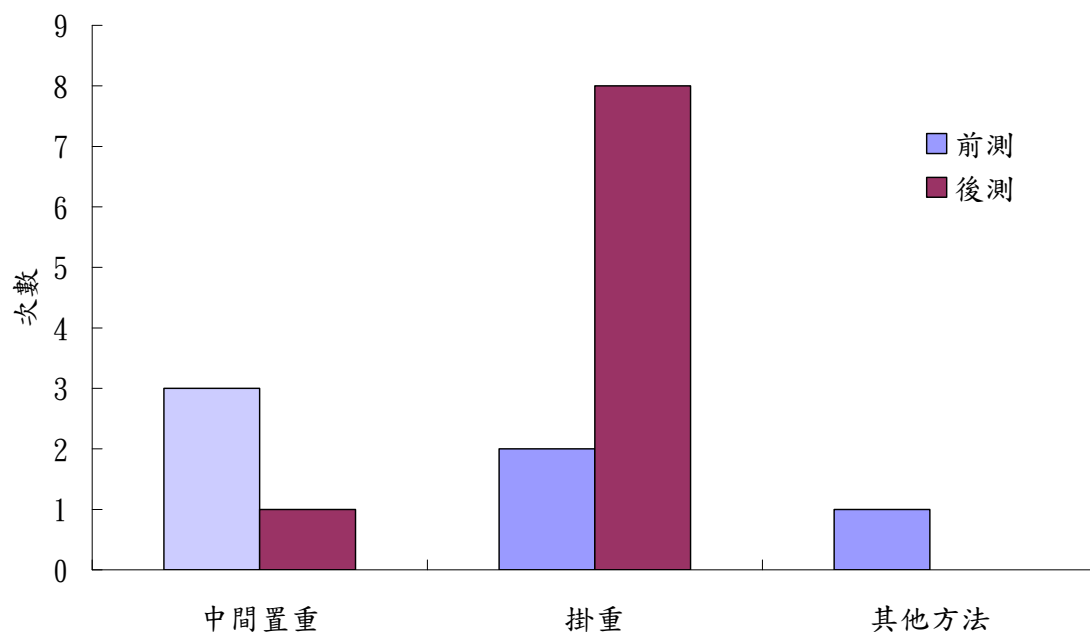


圖 4-4-9 受訪學生在晤談中對耐重度之各定義次數

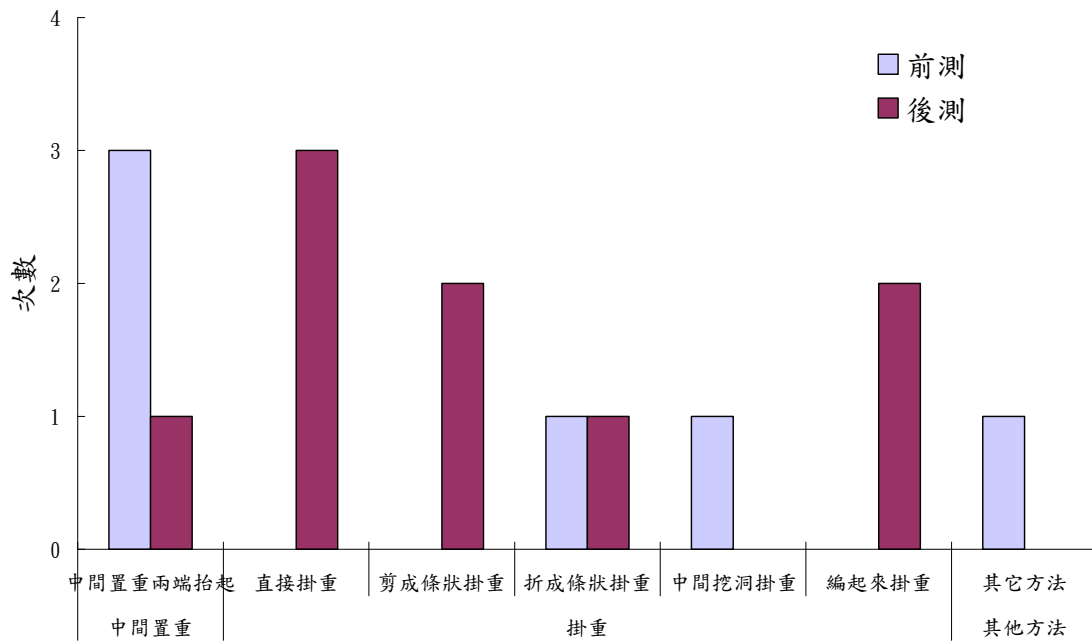


圖 4-4-10 受訪學生在晤談中對耐重度定義之操作方法

(一) 中間置重

從圖 4-4-9 與圖 4-4-10 中可以發現，受訪學生在設計活動之前由於尚未學習張力的概念，對於題目中的「紙張耐重程度」多以字面上的意義去猜測，認為耐重度的定義就是紙張承受重量的程度，因而持有「中間置重」的操作型定義，將紙張攤開後放上砝碼，再從兩端抬起的操作方法。以下列舉訪談片段說明學生持有中間置重的操作型定義。

1. 中間置重兩端抬起

【訪談舉例 44：06-pre】

06：耐重度就是把東西放在上嗎？

訪：隨便你啊，你覺得怎樣可以測量就對了。看你啊，可以用做的也可以用講的。

06：就是用這個（拿起一張壁報紙），然後東西放中間（拿起掛碼放在紙上），然後撐起來，如果沒有破就繼續放。看哪一個可以放最多

...

訪：好下一題，小青想知道不同尺寸的報紙之耐重程度。在只能使用桌上物品的情形下，請問他要如何知道？

06：跟剛才一樣。

訪：可是她要測不同尺寸啊。在不同尺寸時要怎麼做？

06：...在每個紙張放一個這個（掛碼），看哪一個先破啊

...

訪：好下一題，不同張數的時候，應該怎麼測？要怎麼知道？

06：那個越多張的時候，那個耐重度越大。

訪：對啊，越多長的耐重度越大，我知道啊，我是問你怎麼知道？怎麼測？

06：還是用剛剛的方法。

訪：用剛剛的方法，好，你做做看。

06：就是把掛碼放上去，拿起來。不過我想應該是不會破，因為剛剛就已經不會破了。

【訪談舉例 45：06-post】

06：兩張紙嘛，(拿起壁報紙跟報紙各一張，再拿起衛生紙一張，在桌上並列平放)...然後各放砝碼啊，看哪兩個先破掉，就是那張最...比較差的，然後沒有破掉的就是比較好的，因為你這樣放啊，看哪一個會破...

訪：你的意思是... (拿起砝碼)...怎麼放？

06：就這樣放啊(將砝碼放到指張的中間)，不過我看還是不會破，(將紙從兩側抬起)...就是這樣，然後再放在這邊啊(指著另外兩種紙張)。

訪：那還有其他的東西啊，燕尾夾啊、膠帶...你都不需要用到？

06：不用。

訪：還是說這個就可以，...這樣子做就可以了？

06：(拿起五十克的掛碼，掂掂重量)重一點會比較好，比較容易破，容易分出來，

訪：所以你是要用手拿嘛，對不對？

06：對啊。

由上述的訪談片段中可以發現，學生 06 在前晤談時認為耐重度就是把東西放上去的定義；因此在開放性的三個操作題中，對耐重度的測試很一致地都是採取中間置重兩端抬起的方法；並從後晤談的片段中知道，學生 06 對耐重度的定義依舊保持此種紙張承受重量的程度，也是以中間置重兩端抬起的方法進行測試。

(二) 掛重

從圖 4-4-10 中可以發現，受訪學生在設計活動之後對於題目中的「紙張耐重程度」雖然也多認為是紙張承受重量的程度，但在操作時則是以掛重的方式來測量其耐重度，其中可分成「直接掛重」、「剪成條狀掛重」、「折成條狀掛重」、「中間挖洞掛重」與「編起來掛重」等五種測量耐重度的方式。以下列舉訪談片段說明學生持有掛重方式的操作方式。

1. 直接掛重

【訪談舉例 46：02-post】

好~下一題。操作題桌桌上有這些東西，有報紙、壁報紙和衛生紙各五張，法碼數個，膠帶、剪刀、尺跟夾子。好~現在小青認為壁報紙的耐重度最大，因為它比較厚她認為它的耐重度會比較大，所以在只有這些東西的情狀下，你覺得小青應該怎樣證明說比較厚的它承掛的重量比較大？它的耐重度比較大？

02：...就是三個啊，這邊弄一個洞（手指紙張的下端），然後就是從...都一樣啊，從最小的開始掛砝碼 10 克的，掛到後面...，就是看啊，看哪一個掛就是最重的...看哪一個掛不住啊。

訪：怎樣掛不住？

02：就是會破掉。

【訪談舉例 47：17-post】

訪：好~下一頁。現在桌上有很多紙。報紙、壁報紙和衛生紙，然後有砝碼、膠帶、剪刀、尺跟燕尾夾之類。好~第四題。小青認為壁報紙摸起來最厚，所以她覺得壁報紙的耐重程度會最大，現在只能在運用桌上的東西...的情形之下，要怎樣證明壁報紙的耐重程度比較大？

17：...這三個？（指報紙、壁報紙和衛生紙）...就這樣子，一個一張？

訪：對。你可以用剪刀，你可以剪，桌上的東西你都可以用。

17：...這樣對折嘛，對折之後這樣打一個洞（指著對折之後壁報紙的上端），然後打開之後，...你說是量嗎？你說是怎樣測喔。

訪：對。

17：對啊。這樣平均嘛（指對折後在紙張的上下緣的兩個洞），...我只想到一端是用掛的（拿起一個 50g 重的砝碼），然後就...（找不到桌上有鉤子）...一端有手這樣拿著，然後一端就這樣掛著（用砝碼在紙的下緣比畫），然後一樣啊，都一樣啊（指著其他的紙）。

訪：所以就是穿洞，然後下面掛重物、掛砝碼就對了。

從上述的訪談片段可以知道，學生持有掛重方式的耐重度定義，其測量是以「直接掛重」的方式，即為將整張紙直接穿洞之後再掛砝碼，看其在斷掉之前能承受多少克的砝碼重。且此種「直接掛重」的方式是出現在設計活動結束之後的晤談中，尤其學生 17 在前晤談時是以中間置重兩端抬起的方式進行量測紙張的耐重度；而後晤談時則改以穿洞之後再掛砝碼的掛重方式。

2.剪成條狀掛重

【訪談舉例 48：11-post】

訪：好~下一頁，桌上有很多紙，報紙、壁報紙和衛生紙，然後有這些器材，這些工具，砝碼、膠帶、剪刀、尺跟燕尾夾之類。好~第四題，小青認為壁報紙摸起來最厚，（訪談者示範各紙張的厚度，受訪者也跟著觸試摸其厚度）；她覺得壁報紙的耐重程

度會最大，那她要怎樣證明？怎樣做實驗去證明壁報紙的耐重程度是最大？

11：耐重度，...我想一下...就把它剪一條，用這個（指砝碼）掛上去，...測砝碼看看會不會斷。

訪：那它（指壁報紙）剪一條後掛砝碼，然後呢？

11：用這個（拿起 50g 的砝碼）把它鉤上去，然後再用砝碼鉤上去，看它什麼時候斷掉。

訪：嗯~那你弄出來是它（指著壁報紙）自己掛了幾個砝碼啊，然後咧？

11：就這樣掛在牆上，然後一個一個掛。

【訪談舉例 49：13-post】

13：...我知道了，報紙~一定要一張嗎？可以剪嗎？

訪：可以，隨便你怎麼做。

13：等一下喔，...喔~我知道了啦，用剪的...（拿起剪刀，開始把報紙剪成條狀，約五公分寬）...

訪：然後呢？

13：...這可以用嗎？...（拿起直尺，把報紙的一端用膠帶黏在尺上）...，然後就掛這個啊（指砝碼），...要穿一個洞（再撕一段膠帶把報紙的另一端兩面黏上膠帶後，用剪刀搓一個洞），好~可以吊了，...（拿起 50g 重的砝碼掛在尾端的洞上）...，這樣子會掉，要用夾子...（拿起燕尾夾，夾在報紙尾端，然後掛上砝碼）...這樣就可以了，...（然後用手拿起直尺讓砝碼騰空）...然後再一樣嘛，或者是這樣疊...（在砝碼下方在掛上一個 50g 的砝碼）...數幾個，就一樣的方法，這樣疊疊疊，哪一個疊最多，然後就是它的那個最大。

從上述的訪談片段可以知道，學生持有掛重方式的耐重度定義，其測量是以「剪成條狀掛重」的方式，即為將紙張剪成條狀後再穿洞掛砝碼，看其在斷掉之前能承受多少克的砝碼重。其中學生 11 在前晤談時，認為耐重度是就是紙張的「密度」，在後晤談時則改以此種「剪成條狀掛重」的方式來量測紙張的耐重度。

3.折成條狀掛重

【訪談舉例 50：13-pre】

訪：好~實驗題，現在桌上有報紙、壁報紙和衛生指各五張，10g、20g 法碼各五個，膠帶一捆、剪刀一把、長尺一把跟燕尾夾好幾個。現在我們知道壁報紙的耐重程度最大，我們要如何證明？

13：什麼意思？

訪：...，你看（訪談者手拿一張壁報紙），我們認為壁報紙摸起來最厚，所以它的耐重度最大，要怎樣證明？用桌上的東西。

13：就是...，可以折嗎？真的嗎？

訪：可以。你都可以做。

13：就是...折...折起來，然後掛起來。

訪：怎麼折？

13：就是這樣子折，一直折...（將 A4 大小的壁報紙 N 次對折後，摺成條狀），然後再掛起來。

【訪談舉例 51：13-post】

訪：好~第六題，小青想知道不同張數的報紙的時候。

13：就一張、兩張、三張...

訪：對，就厚度的張數不同，那怎麼做？

13：一樣，這樣折...（將一張 A4 大小的報紙，一直對折折成約 3 公分的紙條）...就這樣一直折嘛。

訪：這樣是幾張？

13：一、二、三、四，四張。

訪：然後呢？

13：我不知道了，...然後要做什麼了？

訪：就不同的張數它的耐重度啊。

13：當然是越厚的越好啊，這是四張，然後就再拿那個...（另外拿起一張 A4 大小的報紙）...再折細一點，...（將報紙摺成約 1 公分寬的紙條）...，好~這樣子就比較厚了，然後是要比那個耐重度喔，...就一樣這樣掛著比啊，（把兩條報紙對相對的舉起做勢相互比較）

從上述的訪談片段可以知道，學生持有掛重方式的耐重度定義，其測量是以「折成條狀掛重」的方式，即將整張紙摺成條狀後穿洞掛砝碼，看其在斷掉之前能承受多少克的砝碼重。其中學生 13 在前、後晤談中，雖然都有以此種「折成條狀掛重」方式量測紙張的耐重度，但在其後晤談的對話中可以發現其對折成條狀的敘述更仔細了，也更能考量兩物體比較時所需操作的變因。

4. 中間挖洞掛重

【訪談舉例 52：02-pre】

訪：好!現在桌上有這些東西，有報紙、壁報紙和衛生指各五張，法碼數個，膠帶、剪刀、尺跟夾子。好~現在小青認為壁報紙的耐重度最大，而在只能使用這些東西的時候，你覺得小青要如何證明壁報紙的耐重度最大？

02：每種紙都拿美工刀再中割一公分的小洞，然後掛著法碼，看哪一張紙可以掛得最多啊。

...

訪：小青想知道不同尺寸的報紙的耐重程度，她要怎麼做？

02：知道不同的...，都是報紙嗎？

訪：對。都是報紙，但是不同的尺寸。

02：就是可以給她切割啊，切成不同的尺寸，然後也是挖一個小洞再像前面一樣掛法碼。

從上述的訪談片段可以知道，學生持有掛重方式的耐重度定義，其測量是以「中間挖洞掛重」的方式，即將整張紙中間挖一個小洞後掛法碼，看其在斷掉之前能承受多少克的法碼重。此種操作方法僅有學生 02 在前晤談中使用，而學生 02 在後晤談時則改以直接掛重的方式來量測紙張的耐重度。

5. 編起來掛重

【訪談舉例 53：04-post】

訪：好~第二頁，現在桌上有很多紙，有報紙、壁報紙和衛生紙各五張，然後有這些器材法碼、膠帶、剪刀、尺跟夾子。好~現在小青認為壁報紙的耐重度最大，在只有使用這些東西的情狀下，她要怎樣證明？...她已經知道摸起來壁報紙像比較厚，他認為比較厚應該會比較大，耐重度會比較大，那他要怎樣證明？證明它確實比較大。

04：...把它剪成平結啊。

訪：...？

04：就是藤編的那個線，對啊，然後做成那個什麼...編織的那個...編織的什麼...就編織的那個...那個嘛，對啊，再放法碼進去啊，對啊。

訪：放到...？你是說編成一個...ㄗ~像筆筒或是一個...

04：不是，就是筷子的那個，就是筷子跟筷子之間的那個啊。

訪：喔~編成筷子的那種...，沒有筷子啊，我沒有筷子啊（指桌上的器材）

04：~沒有筷子喔，...那就編成...嘖~~編成藤編嘛，對啊，然後就把鉤子一起鉤...就測量啊...。就是鉤在下面那個藤編。

訪：那你上面呢？

04：上面就掛在牆壁啊。

訪：嗯~，然後掛好之後，然後咧？你怎麼知道誰最大？誰比較大？誰...

04：誰斷掉就是誰...，誰沒斷就誰比較大啊，對啊。

訪：那要怎麼掛？

04：掛在下面啊。

【訪談舉例 54：13-post】

訪：好~，桌上有很多紙，報紙、壁報紙和衛生紙，然後有法碼、膠帶、剪刀、尺跟燕尾夾之類。好~第四題，小青認為壁報紙摸起來最厚，...

13：（訪談者示範各紙張的厚度）真的嗎？（受訪者也跟著觸試摸其厚度）...真的耶。

訪：...所以她覺得壁報紙的耐重程度會最大，那她要怎樣證明？怎樣做實驗去證明壁報紙的耐重程度是最大？

13：什麼？哪一個最大？還是比它還要大？還是...

訪：比一比看誰最大。

13：就跟上課的方法一樣啊。

訪：那要怎麼做？你做給我看啊。

13：要筷子啊。

訪：沒有筷子，只有桌上的東西可以用。

13：...（把原子筆拿起來，要當做筷子）...

從上述的訪談片段可以知道，學生持有掛重方式的耐重度定義，其測量是以「編起來掛重」的方式，即將紙張剪成條狀後編成藤編後掛重，看其在斷掉之前能承受多少克的砝碼重。此種做法係學生以設計過程中實驗操作的手法，進行量測紙張的耐重度，然而晤談中的實驗器材並無法讓學生完成此種做法；因此學生 04 與 13 在回答完此種做法之後，被要求在以其他方式進行量測。故此學生 04 再次的回答中係以直接掛重的方式；學生 13 則分別改以剪成條狀與折成條狀之後掛重的方式量測紙張的耐重度。

(三) 其他方法

從圖 4-4-9 與圖 4-4-10 中可以發現，受訪學生對紙張耐重度的定義認為是「密度」者與持有中間置重的定義者相似，僅出現在前晤談的一位學生中；其原因可能是在設計活動之前由於尚未學習張力的概念，對於題目中的「紙張耐重程度」以自身的經驗去猜測，認為耐重度的定義就是紙張的密度，並據此而進行「泡水」、「用手撕」、「用火燒」...等其他較無法有效科學量化的操作方法。以下列舉訪談片段說明學生持有「密度」的操作型定義。

【訪談舉例 55：11-pre】

訪：好~現在桌上有報紙、壁報紙和衛生指各五張，10g、20g 法碼各五個，膠帶一捆、剪刀一把、長尺一把跟燕尾夾好幾個。現在小青認為壁報紙的耐重程度最大，而在只能使用這些東西的時候，你覺得小青認為這種紙張（手拿壁報紙）的耐重程度最大，她要如何證明壁報紙的耐重度真的最大？

11：看它密度啊。

訪：看它密度。那要怎麼知道它的密度？

11：就看哪一個比較重，或比較硬啊。

訪：對啊，那你怎樣知道...怎樣去測？怎樣去做？

11：泡水。

訪：泡水，然後咧？

11：然後就撕一半啊，看哪一個比較好撕。

訪：你是說...泡水之後就撕撕看，看哪一個比較好撕。比較好撕的就是...？

11：比較容易斷啊。

訪：所以比較好撕的是耐重程度比較大的還是比較小的。

11：比較小。

訪：所以比較不好撕的，就是耐重程度比較大。

11：嗯（點頭）。

從上述的訪談片段可以知道，學生持有密度的耐重度定義，其測量是以「中間挖洞掛重」的方式，即將整張紙泡水後撕撕看，看其撕起來的容易度。此種操作方法僅有學生 11 在前晤談中使用，而學生 11 在後晤談時則改以可直接看出測量所得之量化結果的剪成條狀掛重方式，來量測紙張的耐重度。

(四) 小結

從上述受訪學生對紙張耐重程度的訪談片段中可以發現，在設計活動之前學生對耐重度的定義多以字面上的意義或其自身的生活經驗去猜測，甚至在前晤談出現中間挖洞或密度等無法科學量化測量結果的測試方式。在經過設計活動的教學之後，學生對耐重度定義則以掛重式的定義者居多，且其操作方式也多能夠獲得量化的數據。顯示本研究之設計活動可以促進學生下操作型定義且其依據定義所進行的操作能力是有所提升的。

四、總結

本節以學生在開放性的操作題與封閉式的訪談問題中的訪談內容為主軸，探討設計活動之後學生在測量、控制變因與下操作型定義三項過程技能的進步情形。用本節資料回應研究問題四：「課程前後學生在過程技能的改變情形？」，以下以測量能力、控制變因和下操作型定義三部份之研究發現分別呈現：

(一) 測量能力

在訪談大綱中並沒有特別要求學生對增進測量的效果進行回答，因此學生在說明操作方法時，所提及的增加測量的準確性、可行性與使用平均數等方法，是完全學生本身認為如此的作法，將有助於透過測試的結果來瞭解事物、現象之間的關係；且從訪談資料的分析中，發現本研究之設計活動可以促進學生使用測量

方法去觀測科學實驗。

(二) 控制變因

透過回答類型的整理，可以發現學生在開放性或是封閉式的訪談問題中，對於正確操作變因、錯誤操作變因與沒有操作變因的回答，無論是控制變因、操作變因或是其相關的操作方式的說明，在設計活動之後的表現上都是有進步的。

(1) 開放式訪談問題

受訪學生在設計活動之前對於操作紙張材質與紙張尺寸做為測量變因，多僅止於粗略的提及而已，並沒有對其操作方式詳加說明；相較於前晤談的作答方式，後晤談中學生較能對操作紙張材質與紙張尺寸的變因進行說明，並進行實驗量測。在操作紙張張數的變因中，前晤談時學生則以分堆量測的方式為主；後晤談時則以逐一增加張數的方式為主。

(2) 封閉式訪談問題

透過回答類型的整理，可以發現學生對於正確操作變因、錯誤操作變因與沒有操作變因的回答中，前晤談裡受訪學生會直接考量影響滑車下滑速度的因素只選出影響速度之因素，沒有操控題目中真正要其進行比較之變因，並且無法明確的控制變因並操作單一變因以觀察其試驗結果。而在設計活動之後對控制變因與操作變因能力的表現是有進步的。

(三) 下操作型定義

本研究之設計活動可以促進學生下操作型定義且其依據定義所進行的操作能力是有所提升的。設計活動之前學生對耐重度的定義多以字面上的意義或其自身的生活經驗去猜測，甚至在前晤談出現中間挖洞或密度等無法科學量化測量結果的測試方式。而在經過設計活動的教學之後，學生對耐重度定義則以掛重式的定義者居多，且其操作方式也多能夠獲得量化的數據。