

第四章 研究結果與討論

本章根據實驗結果所得的相關資料，針對本研究之待答問題進行統計分析與討論。全章共三節，第一節在比較不同的數學步道學習方式對學生數學學習成就的影響；第二節為研究者在活動過程中的觀察紀錄及學生學習活動心得之整理；第三節則為研究結果之歸納與分析。

第一節 不同的數學步道學習方式之成效分析

本研究以國小數學領域中「面積與體積」、「三角形四邊形」、「數列與圖形序列」、「座標」與「統計圖表」等五單元作為教材內容。實驗組與對照組學生均於戶外進行數學步道學習活動，實驗組學生以本研究所建置的行動學習數學步道系統進行學習，而控制組學生則以紙本方式進行學習，每單元進行時間為3堂課。

本研究以台北市大安國小六年級4個班110名學生為研究對象，2班為實驗組合計56名學生，2班為控制組合計54名學生。在實驗進行前，分別施以數學學習成就測驗前測、認知風格測驗、數學學習態度測驗，實驗結束後則進行數學學習成就後測，藉以了解實驗處理之影響。

壹、實驗組與控制組學生在數學學習成就之分析

為了解不同組別學生的學習成就是否有差異，以組別(行動學習數學步道系統、紙本)為自變項，以數學學習成就測驗後測成績為依變項。而且為避免學生起點能力不同，影響實驗結果之判斷，故採統計控制方式，以學生的數學學習成就測驗前測成績為共變量，進行獨立樣本單因

子共變數分析。

1. 平均數與標準差

實驗組與對照組數學學習成就前測與數學學習成就後測之平均分數與標準差，如表 4-1 所示。

表 4-1 成就測驗前測與後測成績之得分情形

組別	前測成績		後測成績	
	平均數(M)	標準差(SD)	平均數(M)	標準差(SD)
實驗組(n=56)	58.9821	18.64646	84.0893	14.23859
控制組(n=54)	61.7593	20.99230	74.9259	19.39349

2. 組內迴歸係數同質性檢定

為進行共變數分析，應先進行迴歸係數同質性考驗，其結果如表 4-2 所示。由表 4-2 得知，兩組的組內迴歸係數同質性考驗未達顯著差異 ($F=2.714, p > .05$)。表示成就測驗的前測成績與成就測驗的後測成績間的關係不會因各組的處理水準不同而有所差異，符合共變數分析中組內迴歸係數同質性的假定，可繼續進行共變數分析。

表 4-2 成就測驗後測迴歸係數同質性考驗摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	p
組別 * 前測	493.844	1	493.844	2.714	.102
誤差	19286.315	106	181.946		

3. 共變數分析

以前測成績為共變項，並以 $\alpha=.05$ 為顯著水準，進行單因子共變數分析，其結果如表 4-3 所示。

表 4-3 成就測驗後測共變數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	p
組間 (實驗處理)	3071.197	1	3071.197	16.614	.000
組內 (誤差)	19780.159	107	184.861		

由表 4-3 可知，排除前測成績對後測成績的影響力後，學習方式對後測成績所造成的實驗處理效果顯著， $F=16.614$ ($p < .05$)，達到顯著水準，表示後測成績的高低會因學生所接受的學習方式不同，而有顯著差異存在。表 4-4 為兩組成就測驗後測的調整後平均數，呈現兩組在排除前測成績的影響後之得分情形。

表 4-4 成就測驗後測之調整後平均數

組別	平均數	標準誤
實驗組(n=56)	84.793	1.819
控制組(n=54)	74.197	1.853

由表 4-4 可得實驗組的學生在數學學習成就測驗後測的表現 ($M=84.79$) 顯著優於控制組的學生 ($M=74.20$)，由此可知使用行動學習數學步道進行學習活動的學生，其學習成效明顯優於使用紙本進行學習的學生。

貳、不同認知風格的學生在數學學習成就之分析

為了解不同認知風格學生的學習成就是否有差異，依學生在團體藏圖測驗所得的分數，將學生分為場地獨立型及場地依賴型，得分在該組別全體受試者前 30% 者，歸類為場地獨立型；而得分在該組別全體受試者後 30% 者，則歸類為場地依賴型。實驗組與控制組之場地獨立型與場地依賴型學生人數，如表 4-5 所列。

表 4-5 實驗組與控制組場地獨立型及場地依賴型學生人數表

	實驗組	控制組
場地獨立型	20	20
場地依賴型	23	17

一、學習活動方式與認知風格對學生數學學習成就影響之分析

為分析不同學習活動方式與不同的認知風格對學生的數學成就是否造成交互作用的影響，以組別(行動學習數學步道系統、紙本)及認知風格(場地獨立、場地依賴)為自變項，以實驗組和控制組場地獨立型和場地依賴型學生的數學學習成就測驗後測分數為依變項，並以實驗組和控制組場地獨立型和場地依賴型學生的數學學習成就測驗前測分數為共變量，進行二因子共變數分析。

1. 平均數與標準差

實驗組與控制組之場地獨立型和場地依賴型學生的數學學習成就測驗的得分情況，如表 4-6 所示。

表 4-6 不同組別與不同認知風格學生成就測驗之得分情況

組別	前測成績		後測成績	
	平均數 (M)	標準差 (SD)	平均數 (M)	標準差 (SD)
實驗組 場地獨立(n=20)	64.65	14.68	90.50	9.99
實驗組 場地依賴(n=23)	50.35	19.64	75.78	15.92
控制組 場地獨立(n=20)	66.75	16.74	80.70	14.43
控制組 場地依賴(n=17)	47.00	22.08	63.88	24.03

2. 組內迴歸係數同質性檢定

組內迴歸係數同質性考驗之結果如表 4-7 所示。由表 4-7 得知，組內迴歸係數同質性考驗未達顯著差異 ($F=1.85, p > .05$)；表示共變項（前測）與依變項（後測）間的關係不會因自變項的處理水準不同而有所差異，符合共變數分析中組內迴歸數同質性的假定，可繼續進行共變數分析。

表 4-7 不同組別與不同認知風格同質性考驗摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	p
組別	642.037	1	642.037	3.553	.063
認知風格	722.518	1	722.518	3.998	.049
組別*認知風格	206.560	1	206.560	1.143	.289
組別*前測+認知風格*					
前測+組別*認知風格*	1004.932	3	334.977	1.85	.184
前測					
誤差	13010.530	72	180.702		

3. 共變數分析

二因子共變數分析結果如表 4-8 所示，排除前測成績對後測成績的影響力後，學習方式與認知風格二因子對學生的後測成績表現，其交互作用的效果並不顯著， $F=0.010 (p > .05)$ 。表示學習方式與認知風格對於學生的數學學習成就測驗後測表現，並沒有顯著的交互作用影響。但不同的學習方式（組別）的效果達顯著水準， $F=11.568 (p < .05)$ ；不同的認知風格的效果亦達顯著水準， $F=4.477 (p < .05)$ 。所以應就學習方式分組和認知風格的效果做事後比較。

表 4-8 學習方式與認知風格交互作用共變數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	p
------	----	----	----	---	---

組別(A)	2195.042	1	2195.042	11.568	.001
風格(B)	849.420	1	849.420	4.477	.038
交互作用(A×B)	1.923	1	1.923	.010	.920
誤差(E)	14231.015	75	189.747		

4. 事後比較

以學習方式而言，由表4-9可知，以行動學習數學步道進行學習的場地獨立型和場地依賴型學生，其學習成就後測表現顯著優於以紙本進行學習的場地獨立型和場地依賴型學生。

表 4-9 不同學習方式的成就測驗後測之調整後平均數(I)

組別	平均數	標準誤
實驗組(n=43)	83.048	2.106
控制組(n=37)	72.510	2.272

以認知風格來說，由表4-10得知，場地獨立型的學生，其學習成就後測表現顯著優於場地依賴型的學習。

表 4-10 不同認知風格的成就測驗後測之調整後平均數

認知風格	平均數	標準誤
場地獨立(n=40)	81.403	2.294
場地依賴(n=40)	74.155	2.325

二、不同認知風格學生學習成就差異之分析

為進一步了解不同認知風格學生學習成就的差異，以下將針對認知風格再以單因子共變數進行細部的分析比較。

(一) 場地獨立型的學生在不同組別的數學學習成就之比較

以組別(行動學習數學步道系統、紙本)為自變項，以場地獨立型學生的數學學習成就測驗後測成績為依變項，並以場地獨立型學生的數學學習成就測驗前測成績為共變量，進行獨立樣本單因子共變數分析。

1. 平均數與標準差

表 4-11 呈現場地獨立型學生在數學學習成就的得分情況。

表 4-11 場地獨立型學生成就測驗之得分情況

組別	前測成績		後測成績	
	平均數(M)	標準差(SD)	平均數(M)	標準差(SD)
實驗組(n=20)	64.65	14.68	90.50	9.99
控制組(n=20)	66.75	16.74	80.70	14.43

2. 組內迴歸係數同質性檢定

組內迴歸係數同質性考驗之結果如表 4-12 所示。由表 4-12 得知，兩組的組內迴歸係數同質性考驗未達顯著差異 ($F=0.11, p > .05$)；表示場地獨立型學生成就測驗的前測成績與後測成績間的關係不會因各組的處理水準不同而有所差異，符合共變數分析中組內迴歸係數同質性的假定，可繼續進行共變數分析。

表 4-12 場地獨立型學生成就測驗後測迴歸係數同質性考驗摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	p
組別 * 前測	1.398	1	1.398	.011	.918
誤差	4728.384	36	131.344		

3. 共變數分析

共變數分析結果如表 4-13 所示，排除前測成績對後測成績的影響

力後，不同學習方式對場地獨立型學生後測成績所造成的實驗處理效果顯著， $F=8.624$ ($p < .05$)，達到顯著水準。因此必須進行成對比較，以得知哪種學習方式，可使場地獨立型學生獲致較佳的學習成效。

表 4-13 場地獨立型學生成就測驗後測共變數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	p
組間 (實驗處理)	1102.381	1	1102.381	8.624	.006
組內 (誤差)	4729.783	37	127.832		

表 4-14 為兩組場地獨立型學生成就測驗後測的調整後平均數，表示在排除前測成績的影響後之得分情形。

表 4-14 場地獨立型學生成就測驗後測之調整後平均數

組別	平均數	標準誤
實驗組	90.862	2.531
控制組	80.338	2.531

由表4-14可得實驗組的場地獨立型學生在數學學習成就測驗後測的表現($M=90.86$)顯著優於控制組的場地獨立型學生($M=80.34$)。由此可知使用行動學習數學步道進行學習活動的場地獨立型學生，其學習成效明顯優於使用紙本進行學習的場地獨立型學生。

(二) 場地依賴型的學生在不同組別的數學學習成就之比較

以組別(行動學習數學步道系統、紙本)為自變項，以場地依賴型學生的數學學習成就測驗後測分數為依變項，並以場地依賴型學生的數學學習成就測驗前測分數為共變量，進行獨立樣本單因子共變數分析。

1. 平均數與標準差

場地依賴型學生數學學習成就測驗之得分情形，如表 4-15 所示。

表 4-15 場地依賴型學生成就測驗前測與後測成績之平均數與標準差

組別	前測成績		後測成績	
	平均數(M)	標準差(SD)	平均數(M)	標準差(SD)
實驗組(n=23)	50.35	19.64	75.79	15.92
控制組(n=17)	47.00	22.08	63.89	24.03

2. 組內迴歸係同質性檢定

組內迴歸係數同質性考驗之結果如表 4-16 所示。由表 4-16 得知，兩組的組內迴歸係數同質性考驗未達顯著差異 ($F=3.735, p > .05$)；表示場地依賴型學生成就測驗的前測成績與後測成績間的關係不會因各組的處理水準不同而有所差異，符合共變數分析中組內迴歸數同質性的假定，可繼續進行共變數分析。

表 4-16 場地依賴型學生成就測驗後測迴歸係數同質性考驗摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	p
組別 * 前測	859.170	1	859.170	3.735	.061
誤差	8282.145	36	230.060		

3. 共變數分析

共變數分析之結果如表 4-17 所示，排除前測成績對後測成績的影響力後，學習方式對不同組別的場地依賴型學生後測成績所造成的實驗

處理效果並不顯著， $F=0.630$ ($p > .05$)。雖然實驗組的場地依賴型學生在數學學習成就測驗後測的表現($M=75.79$)高於控制組的場地依賴型學生($M=63.89$)，但並未達顯著差異。即不同的學習方式，對於場地依賴型學生的學習成效並無顯著的影響。

表 4-17 場地依賴型學生成就測驗後測共變數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	p
組間 (實驗處理)	170.918	1	170.918	.630	.433
組內 (誤差)	10045.557	37	271.502		

(三) 實驗組場地獨立型和場地依賴型學生的數學學習成就之比較

以認知風格為因子，以實驗組場地獨立型學生和場地依賴型學生的數學學習成就測驗後測分數為依變項，並以實驗組場地獨立型學生和場地依賴型學生的數學學習成就測驗前測分數為共變量，進行獨立樣本單因子共變數分析。

1. 平均數與標準差

實驗組場地獨立型學生和場地依賴型學生數學學習成就測驗得分情形，如表 4-18 所示。

表 4-18 實驗組不同認知風格學生成就測驗得分情形

組別	前測成績		後測成績	
	平均數(M)	標準差(SD)	平均數(M)	標準差(SD)
場地獨立(n=20)	64.65	14.68	90.50	9.99
場地依賴(n=23)	50.35	19.64	75.78	15.92

2. 組內迴歸係同質性檢定

組內迴歸係數同質性考驗之結果如表 4-19 所示。由表 4-19 得知，兩組的組內迴歸係數同質性考驗未達顯著差異 ($F=0.002, p > .05$)，表示實驗組不同認知風格學生成就測驗的迴歸線斜率相等，符合共變數分析中組內迴歸數同質性的假定，可繼續進行共變數分析。

表 4-19 實驗組不同認知風格學生成就測驗後測同質性考驗摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	p
型別 * 前測	.363	1	.363	.002	.961
誤差	5782.185	39	148.261		

3. 共變數分析

共變數分析結果如表 4-20 所示，排除前測成績對後測成績的影響力後，兩種不同認知風格的學生在行動學習數學步道系統的學習方式下，其後測成績的表現，具有顯著差異， $F=5.662 (p < .05)$ ，達到顯著水準。

表 4-20 實驗組不同認知風格學生成就測驗後測共變數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	p
組間 (實驗處理)	818.475	1	818.475	5.662	.022
組內 (誤差)	5782.548	40	144.564		

表 4-21 為兩組成就測驗後測的調整後平均數，表示兩組在排除前測成績的影響後之得分情形。

表 4-21 實驗組不同認知風格學生成就測驗後測之調整後平均數

組別	平均數	標準誤
----	-----	-----

場地獨立	87.697	2.811
場地依賴	78.220	2.607

由表4-21可得實驗組的場地獨立型學生在數學學習成就測驗後測的表現(M=87.70)顯著優於實驗組場地依賴型學生(M=78.22)，由此可知使用行動學習數學步道系統進行學習活動的場地獨立型學生，其學習成效明顯優於同樣使用行動學習數學步道系統學習的場地依賴型學生。

(四) 控制組場地獨立型和場地依賴型學生的數學學習成就之比較

以認知風格為因子，以控制組場地獨立型學生和場地依賴型學生的數學學習成就測驗後測分數為依變項，並以控制組場地獨立型學生和場地依賴型學生的數學學習成就測驗前測分數為共變量，進行獨立樣本單因子共變數分析。

1. 平均數與標準差

控制組場地獨立型學生和場地依賴型學生數學學習成就前測與數學學習成就後測之平均數與標準差，如表 4-22 所示。

表 4-22 控制組場不同認知風格學生成就測驗得分情形

組別	前測成績		後測成績	
	平均數(M)	標準差(SD)	平均數(M)	標準差(SD)
場地獨立(n=20)	66.75	16.74	80.70	14.43
場地依賴(n=17)	47.00	22.08	63.88	24.03

2. 組內迴歸係同質性檢定

組內迴歸係數同質性考驗之結果如表 4-23 所示。由表 4-23 得知，兩組的組內迴歸係數同質性考驗未達顯著差異 ($F=3.552, p > .05$)，表示控制組兩類型學生成就測驗的前測成績與後測成績間的關係不會水準不同而有所差異，符合共變數分析中組內迴歸數同質性的假定，可繼續進行共變數分析。

表 4-23 控制組不同認知風格學生成就測驗後測同質性考驗摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	p
型別 * 前測	777.992	1	777.992	3.552	.068
誤差	7228.345	33	219.041		

3. 共變數分析

共變數分析結果如表 4-24 所示，排除前測成績對後測成績的影響力後，兩種不同認知風格的學生在紙本的數學步道學習方式下，其後測成績的表現，並無顯著差異， $F=0.593 (p > .05)$ 。控制組的場地獨立型學生在數學學習成就測驗後測的表現 ($M=80.70$)，雖然高於場地依賴型學生 ($M=63.88$)，但並未達顯著差異。即在紙本的數學步道學習方式，對於場地獨立型和場地依賴型學生的學習成效並無顯著的影響。

表 4-24 控制組不同認知風格學生成就測驗後測共變數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	p
組間 (實驗處理)	139.703	1	139.703	.593	.446
組內 (誤差)	8006.337	34	235.481		

(五) 實驗組場地依賴型學生與控制組場地獨立型學生的數學學習成就之比較

以組別(行動學習數學步道系統、紙本)為自變項，以實驗組場地依賴型學生和控制組場地獨立型學生的數學學習成就測驗後測分數為依變項，並以實驗組場地依賴型學生和控制組場地獨立型學生的數學學習成就測驗前測分數為共變量，進行獨立樣本單因子共變數分析。

1. 平均數與標準差

實驗組場地依賴型學生與控制組場地獨立型學生數學學習成就測驗之得分情形，如表 4-25 所示。

表 4-25 實驗組場地依賴型學生與控制組場地獨立型學生成就測驗得分情形

組別	前測成績		後測成績	
	平均數(M)	標準差(SD)	平均數(M)	標準差(SD)
實驗組(n=23)	50.35	19.64	75.78	15.92
控制組(n=20)	66.75	16.74	80.70	14.43

2. 組內迴歸係同質性檢定

組內迴歸係數同質性考驗之結果如表 4-26 所示。由表 4-26 得知，兩組的組內迴歸係數同質性考驗未達顯著差異 ($F=0.021, p > .05$)，表示兩組學生成就測驗的迴歸線斜率相等，符合共變數分析中組內迴歸數同質性的假定，可繼續進行共變數分析。

表 4-26 實驗組場地依賴型學生與控制組場地獨立型學生成就測驗後測迴歸係數同質性考驗摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	p
組別 * 前測	4.249	1	4.249	.021	.885
誤差	7773.917	39	199.331		

3. 共變數分析

共變數分析結果如表 4-27 所示，排除前測成績對後測成績的影響力後，學習方式對實驗組場地依賴型學生與控制組場地獨立型學生後測成績所造成的實驗處理效果並不顯著， $F=0.039$ ($p > .05$)。

表 4-27 實驗組場地依賴型學生與控制組場地獨立型學生成就測驗後測共變數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	p
組間（實驗處理）	7.579	1	7.579	.039	.844
組內（誤差）	7778.166	40	194.454		

雖然依共變數分析的結果表示，不同的學習方式，對於實驗組場地依賴型學生與控制組場地獨立型學生之間的學習成效並無造成顯著的差異。但進一步對實驗組場地依賴型學生與控制組場地獨立型學生的成就測驗前測及後測，分別做獨立樣本 t 檢定。如表 4-28 所示，可發現控制組場地獨立型學生的前測成績顯著優於實驗組場地依賴型學生的前測成績 ($t=-2.923$, $p<.05$)。但經過不同的學習方式後，實驗組場地依賴型學生與控制組場地獨立型學生的後測成績則未達顯著差異 ($t=-1.055$, $p>.05$)；即經過不同的學習方式，實驗組場地依賴型學生與控制組場地獨立型學生之間的差距縮小了。

表 4-28 實驗組場地依賴型學生與控制組場地獨立型學生成就測驗獨立樣本 t 檢定摘要表

組別		平均數相等的t檢定				
		平均數 (M)	標準差 (SD)	t	df	p
前測	實驗組場地依賴型	50.35	19.64	-2.923	41	.006
	控制組場地獨立型	66.75	16.74			
後測	實驗組場地依賴型	75.78	15.92	-1.055	41	.298
	控制組場地獨立型	80.70	14.43			

參、不同數學學習態度的學生在數學學習成就之分析

為了解不同數學態度學生的學習成就是否有差異，依學生在數學學習態度問卷所得的分數，將學生分為態度高分群、態度中分群及態度低分群，得分為該組別全體受試者前 30%者，為態度高分群，得分為該組別全體受試者後 30%者，為態度低分群，扣除高分群及低分群的學生後，餘皆為中分群。依此標準，刪除未通過問卷中測謊題者，實驗組與控制組的態度高分群、中分群及低分群學生人數分佈，如表 4-29 所列。

表 4-29 實驗組與控制組態度分群學生人數表

	實驗組	控制組
態度高分群	18	12
態度中分群	17	14
態度低分群	15	13

一、學習活動方式與數學學習態度對學生數學學習成就影響之分析

為分析不同學習活動方式與不同的數學態度對學生的數學成就是否造成交互作用的影響，以組別(行動學習數學步道系統、紙本)及數學態度(高、中、低)為自變項，以實驗組和控制組數學態度高分群、中分群、低分群學生的數學學習成就測驗後測分數為依變項，並以實驗組和控制組數學態度高分群、中分群、低分群學生的數學學習成就測驗前測分數為共變量，進行二因子共變數分析。

1. 平均數與標準差

實驗組和控制組數學態度高分群、中分群、低分群學生的數學學習成就測驗之得分情況，如表 4-30 所示。

表 4-30 不同組別與不同數學學習態度學生成就測驗得分情形

組別	前測成績		後測成績		
	平均數 (M)	標準差 (SD)	平均數 (M)	標準差 (SD)	
實驗組	高分群(n=18)	68.50	18.564	89.61	13.320
	中分群(n=17)	60.12	18.083	86.53	11.408
	低分群(n=15)	48.47	14.050	80.53	14.312
控制組	高分群(n=12)	61.33	22.358	82.33	17.453
	中分群(n=14)	67.21	17.330	82.14	14.733
	低分群(n=13)	58.15	24.443	67.77	20.600

2. 組內迴歸係同質性檢定

組內迴歸係數同質性考驗之結果如表 4-31 所示。由表 4-31 得知，組內迴歸係數同質性考驗未達顯著差異 ($F=0.515, p > .05$)；表示共變項（前測）與依變項（後測）間的關係不會因自變項的處理水準不同而有所差異，符合共變數分析中組內迴歸數同質性的假定，可繼續進行共變數分析。

表 4-31 不同組別與不同數學學習態度同質性考驗摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	p
組別	380.907	1	380.907	2.399	.126
學習態度	594.877	2	297.439	1.873	.161
組別*學習態度	102.198	2	51.099	.322	.726
組別*前測+學習態度* 前測+組別*學習態度*	408.633	5	81.727	.515	.422
前測					
誤差	12228.098	77	158.806		

3. 共變數分析

二因子共變數分析結果如表 4-32 所示，排除前測成績對後測成績的影響力後，學習方式與學習態度二因子對學生的後測成績表現，其交互作用的效果並不顯著， $F=2.078$ ($p > .05$)。表示學習方式與學習態度對於學生的數學學習成就測驗後測表現，並沒有顯著的交互作用影響。而不同的學習態度的效果亦沒有達到顯著差異， $F=2.038$ ($p < .05$)。但不同的學習方式（組別）的效果達顯著水準， $F=12.881$ ($p < .05$)，所以應就學習方式分組的效果做事後比較。

表 4-32 學習方式與數學學習態度交互作用共變數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	p
組別(A)	2003.919	1	2003.919	12.881	.001
學習態度(B)	633.963	2	316.982	2.038	.137
交互作用(A×B)	646.633	2	323.317	2.078	.132
誤差(E)	12756.603	82	155.568		

由表4-33可以得知，扣除兩組中數學學習態度問卷未通過測謊題的學生後，以行動學習數學步道方式進行學習的學生，其學習成就後測表現仍顯著優於以紙本進行學習的學生。

表 4-33 不同學習方式的成就測驗後測之調整後平均數(II)

組別	平均數	標準誤
實驗組(n=50)	86.395	1.774
控制組(n=39)	76.773	2.004

二、不同數學學習態度學生學習成就差異之分析

為進一步了解不同數學學習態度學生的學習成就之差異，以下將針

對數學學習態度再以單因子共變數進行細部的分析比較。

(一) 數學學習態度高分群的學生在不同組別的數學學習成就之比較

以組別(行動學習數學步道系統、紙本)為自變項，以態度高分群學生的數學學習成就測驗後測成績為依變項，並以態度高分群學生的數學學習成就測驗前測成績為共變量，進行獨立樣本單因子共變數分析。

1. 平均數與標準差

實驗組與控制組態度高分群學生數學學習成就測驗得分情形，如表 4-34 所示。

表 4-34 態度高分群學生成就測驗得分情況

組別	前測成績		後測成績	
	平均數(M)	標準差(SD)	平均數(M)	標準差(SD)
實驗組(n=18)	68.50	18.564	89.61	13.320
控制組(n=12)	61.33	22.358	82.33	17.453

2. 組內迴歸係同質性檢定

組內迴歸係數同質性考驗之結果如表 4-35 所示。由表 4-35 得知，兩組的組內迴歸係數同質性考驗未達顯著差異 ($F=.090, p > .05$)；表示態度高分群學生成就測驗的前測成績與後測成績間的關係不會因各組的處理水準不同而有所差異，符合共變數分析中組內迴歸數同質性的假定，可繼續進行共變數分析。

表 4-35 態度高分群學生成就測驗後測迴歸係數同質性考驗摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	p
組別 * 前測	13.186	1	13.186	.090	.766
誤差	3800.303	26	146.166		

3. 共變數分析

共變數分析結果如表 4-36 所示，排除前測成績對後測成績的影響力後，學習方式對不同組別的態度高分群學生後測成績所造成的實驗處理效果並不顯著， $F=0.743$ ($p > .05$)。實驗組的態度高分群學生在數學學習成就測驗後測的表現 ($M=89.61$)，雖高於控制組的態度高分群學生 ($M=82.33$)，但並未達顯著差異。即不同的學習方式，對於數學態度高分群學生的學習成效並無顯著的影響。

表 4-36 態度高分群學生成就測驗後測共變數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	p
組間 (實驗處理)	104.952	1	104.952	.743	.396
組內 (誤差)	3813.489	27	141.240		

(二) 數學學習態度中分群的學生在不同組別的數學學習成就之比較

以組別(行動學習數學步道系統、紙本)為自變項，以態度中分群學生的數學學習成就測驗後測成績為依變項，並以態度中分群學生的數學學習成就測驗前測成績為共變量，進行獨立樣本單因子共變數分析。

1. 平均數與標準差

實驗組與控制組態度中分群學生數學學習成就測驗之得分情況，如表 4-37 所示。

表 4-37 態度中分群學生成就測驗得分情形

組別	前測成績		後測成績	
	平均數(M)	標準差(SD)	平均數(M)	標準差(SD)
實驗組(n=17)	60.12	18.083	86.53	11.408
控制組(n=14)	67.21	17.330	82.14	14.733

2. 組內迴歸係同質性檢定

進行組內迴歸係數同質性考驗，其結果如表 4-38 所示。由表 4-38 得知，兩組的組內迴歸係數同質性考驗未達顯著差異 ($F=.068$, $p > .05$)；表示態度中分群學生成就測驗的前測成績與後測成績間的關係不會因各組的處理水準不同而有所差異，符合共變數分析中組內迴歸數同質性的假定，可繼續進行共變數分析。

表 4-38 態度中分群學生成就測驗後測迴歸係數同質性考驗摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	p
組別 * 前測	10.392	1	10.392	.068	.796
誤差	4128.085	27	152.892		

3. 共變數分析

共變數分析結果如表 4-39 所示，排除前測成績對後測成績的影響力後，學習方式對不同組別的態度中分群學生後測成績所造成的實驗處理效果並不顯著， $F=2.067$ ($p > .05$)。實驗組的態度高分群學生在數學學習成就測驗後測的表現 ($M=86.53$)，雖高於控制組的態度中分群學生 ($M=82.14$)，但並未達顯著差異。即不同的學習方式，對於數學態度中分群學生的學習成效並無顯著的影響。

表 4-39 態度中分群學生成就測驗後測共變數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	p
組間 (實驗處理)	305.551	1	305.551	2.067	.162
組內 (誤差)	4138.477	28	147.803		

(三) 數學學習態度低分群的學生在不同組別的數學學習成就之比較

以組別(行動學習數學步道系統、紙本)為自變項，以態度低分群學生的數學學習成就測驗後測成績為依變項，並以態度低分群學生的數學學習成就測驗前測成績為共變量，進行獨立樣本單因子共變數分析。

1. 平均數與標準差

實驗組與控制組態度低分群學生數學學習成就測驗之得分情況，如表 4-40 所示。

表 4-40 態度低分群學生成就測驗之得分情況

組別	前測成績		後測成績	
	平均數(M)	標準差(SD)	平均數(M)	標準差(SD)
實驗組(n=15)	48.47	14.050	80.53	14.312
控制組(n=13)	58.15	24.443	67.77	20.600

2. 組內迴歸係同質性檢定

組內迴歸係數同質性考驗之結果如表 4-41 所示。由表 4-41 得知，兩組的組內迴歸係數同質性考驗未達顯著差異 ($F=.163, p > .05$)，表示態度中分群學生成就測驗的前測成績與後測成績間的關係不會因各組的處理水準不同而有所差異，符合共變數分析中組內迴歸係數同質性的假定，可繼續進行共變數分析。

表 4-41 態度低分群學生成就測驗後測迴歸係數同質性考驗摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	p
組別 * 前測	29.281	1	29.281	.163	.690
誤差	4299.709	24	179.155		

3. 共變數分析

共變數分析結果呈現於表 4-42。排除前測成績對後測成績的影響力後，學習方式對不同組別的態度低分群學生後測成績所造成的實驗處理效果顯著， $F=13.085$ ($p < .05$)，達到顯著水準，因此必須進行事後比較，以得知哪種學習方式，可使態度低分群學生獲致較佳的學習成效。表 4-42 態度低分群學生成就測驗後測共變數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	p
組間 (實驗處理)	2265.729	1	2265.729	13.085	.001
組內 (誤差)	4328.990	25	173.160		

表 4-43 為兩組態度低分群學生成就測驗後測的調整後平均數，表示在排除前測成績的影響後之得分情形。

表 4-43 態度低分群學生成就測驗後測之調整後平均數

組別	平均數	標準誤
實驗組	83.253	3.449
控制組	64.632	3.713

由表4-43可得實驗組的態度低分群學生在數學學習成就測驗後測的表現($M=82.25$)顯著優於控制組的態度低分群學生($M=64.63$)，由此可知使用行動學習數學步道進行學習活動的態度低分群學生，其學習成效明顯優於使用紙本進行學習的態度低分群學生。

再進一步分別比較實驗組態度低分群學生的前、後測成績表現與控制組態度低分群學生的前、後測成績表現是否有顯著差異時，則可發現，實驗組態度低分群學生的後測成績顯著優於前測成績，而控制組態

度低分群學生的後測成績則與前測成績沒有顯著差異，整體分析結果如表 4-44 所示。

表 4-44 態度低分群學生成就測驗成對樣本 t 檢定摘要表

組別		平均數 (M)	標準差 (SD)	t	df	p
實驗組態度低 分群	前測	48.47	14.050	-8.825	14	.000
	後測	80.53	14.312			
控制組態度低 分群	前測	58.15	6.779	-2.154	12	.052
	後測	67.77	5.713			

(四) 實驗組態度高分群學生與實驗組態度低分群學生的數學學習成就之比較

以數學學習態度為因子，以實驗組態度高分群學生和實驗組態度低分群學生的數學學習成就測驗後測分數為依變項，並以實驗組高分群學生和實驗組低分群學生的數學學習成就測驗前測分數為共變量，進行獨立樣本單因子共變數分析。

1. 平均數與標準差

實驗組態度高分群學生和態度低分群學生數學學習成就測驗得分情況，如表 4-45 所示。

表 4-45 實驗組態度高分群學生和低分群學生成就測驗得分情形

組別	前測成績		後測成績	
	平均數(M)	標準差(SD)	平均數(M)	標準差(SD)
高分群(n=18)	68.50	18.564	89.61	13.320

低分群(n=15)	48.47	14.050	80.53	14.312
-----------	-------	--------	-------	--------

2. 組內迴歸係同質性檢定

進行組內迴歸係數同質性考驗，其結果如表 4-46 所示。由表 4-46 得知，兩組的組內迴歸係數同質性考驗未達顯著差異 ($F=0.079$, $p > .05$)；表示實驗組態度高分群學生和態度低分群學生成就測驗的前測成績與後測成績間的關係不會因水準不同而有所差異，符合共變數分析中組內迴歸數同質性的假定，可繼續進行共變數分析。

表 4-46 實驗組態度高分群學生和態度低分群學生成就測驗後測迴歸係數同質性考驗摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	p
組別 * 前測	10.846	1	10.846	.079	.781
誤差	4004.703	29	138.093		

3. 共變數分析

共變數分析結果如表 4-47 所示，排除前測成績對後測成績的影響力後，學習方式對不同組別的態度中分群學生後測成績所造成的實驗處理效果並不顯著， $F=0.003$ ($p > .05$)。實驗組的態度高分群學生在數學學習成就測驗後測的表現 ($M=89.61$)，雖高於實驗組的態度低分群學生 ($M=80.53$)，但並未達顯著差異。

表 4-47 實驗組態度高分群學生和態度低分群學生成就測驗後測共變數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	p
組間 (實驗處理)	.364	1	.364	.003	.959
組內 (誤差)	4015.548	30	133.852		

雖然依共變數分析的結果顯示，實驗組態度高分群學生與低分群學生之間的數學學習成就後測成績並無造成顯著的差異。但進一步對實驗組態度高分群學生與低分群學生的成就測驗前測及後測，分別進行獨立樣本 t 檢定，其結果如表 4-48 所示。可發現實驗組態度高分群學生的前測成績顯著優於實驗組低分群學生的前測成績($t=-3.436, p<.05$)，但在經過行動學習數學步道系統的學習方式後，實驗組態度高分群學生與實驗組低分群學生的後測成績則未達顯著差異($t=-1.885, p>.05$)，即經過行動學習數學步道系統的學習方式，實驗組態度高分群學生與實驗組低分群學生之間的差距縮小了。

表 4-48 實驗組態度高分群學生與實驗組低分群學生成就測驗獨立樣本 t 檢定摘要表

	組別	平均數相等的t檢定				
		平均數 (M)	標準差 (SD)	t	df	p
前測	實驗組態度高分群	68.50	18.564	-3.436	31	.002
	實驗組態度低分群	48.47	14.050			
後測	實驗組態度高分群	89.61	13.320	-1.885	31	.069
	實驗組態度低分群	80.53	14.312			

第二節 數學步道學習活動實驗觀察分析

本研究的實驗組共有兩班，分別進行了五個單元的學習活動，每單元進行3堂課。本節針對研究者在實驗組學生學習活動過程中所搜集的錄影、錄音、資料庫資料、觀察所得及學生在活動結束後所填寫的學習活動心得調查表，綜合敘述、分析學生的學習表現。

壹、系統使用方面

在開始進行第一單元時，雖然學生之前曾接受使用平板電腦的訓練，但可能因為尚未習慣觸控筆的使用及對系統的不熟悉，總是無法精準的操作，不過大部分學生對於使用平板電腦仍感到新奇並展現高度的興趣。

隨著學習活動的進行，系統也依學生、教師的意見稍做調整，使其更貼近實際的需要。其中增加「檔案上傳」的功能，使得在網路訊號不穩時，可以讓學生將其寫好的答案先暫存平板電腦中，待網路訊號穩定時再上傳，免除學生因網路訊號不佳，答案傳送遺失的困擾。

學習系統當中，設計了很多輔助學生學習的功能，例如畫圖的小工具、照相的功能、手寫解答的功能及即時通訊的功能，其中最受學生喜愛的為照相功能，學生對於能夠在學習活動中利用到網路攝影機來拍照並立即在平板電腦中呈現，感到非常興奮，並且樂於使用，表現出對於學習活動的參與感。相對的，即時通訊的功能，並無預期的熱烈，學生還是習慣面對面溝通，遇到問題時，多仍是請求當面協助，也可能是不習慣使用觸控筆來輔助文字輸入，造成輸入速度緩慢，學生使用意願降低，不過對於不在同一關卡的同學，學生還是會使用即時通訊做為溝通工具。

學習活動開始之初，除系統的調整外，無線網路訊號不穩定的問題，亦影響學生的學習意願，後經大安國小資訊組的努力，無線網路訊號的問題獲得大幅改善，學生也漸漸熟悉系統及學習方式，能夠真正融入整個學習活動。

貳、教材內容方面

本研究之學習內容為「面積與體積」、「數列與圖形序列」、「三角形四邊形」、「座標」與「統計圖表」等五單元，每一單元包含三個題組。整個學習內容由一尋寶故事的情境架構串連，以大安國小校園為場景，並配合校園環境設計題目，而且整個人物、畫面設計深受學生喜愛。

多數學生表示贊同數學題目融合在故事情境之中會使學習數學更有趣，並且同意題目內容的設計與實際校園環境具關聯性。但是剛開始進行學習活動時，除了系統不熟悉外，絕大多數學生表示題目較多，且實際要測量的範圍太大，而學生所攜帶的測量工具單位過小，以致於花費很多時間在測量場地，無法在預定時間內完成該單元的題目。學生對於自己無法在預定時間內完成所有題目亦表示稍感失望，而且希望題目可以再簡單一點，並表示期望下次可以在預定時間內完成。有鑑於此，之後的題目經過修改，使其更精簡、明瞭，有效改善學習活動時間的掌控，且學生表示，經過修改後的題目，讓他們更了解題目的要求。

在補充教材方面，有六成以上的學生表示，會使用補充教材且使用補充教材能夠幫助思考、解答問題。但亦有學生表示，雖然補充教材能夠協助解決問題，但因活動時間有限，希望補充教材能更直接點出解決方式，顯示學生較喜愛直接的指引，可是補充教材的設計乃是一個引導思考的鷹架輔助，而非解答本，故可能無法給予直接的解答指引。

參、學生表現方面

學生一開始即對使用平常甚少使用的平板電腦表示高度的興趣，但所表現的是對平板電腦本身的興趣，而非對於使用平板電腦來學習數學的興趣，故在新鮮感過後，初期遇到不熟悉系統的使用方法及無線網路訊號不穩定的問題，少數學生開始出現焦躁的情緒，多所抱怨，但在系統及無線網路訊號問題獲得改善之後，學生也漸漸融入整個學習活動，表現了較積極的學習行為。

學生的積極表現在解答題目上，多數學生遇到不會的題目或沒有學習過的觀念，會積極主動地請教同學、互相討論，而且對於無法在活動時間內完成的題目，還是鍥而不捨地想辦法要完成，直到老師催促才結束戶外的解題活動，而對於自己好不容易完成解題，也會毫不保留展現其歡欣之情。

學生在學習的技巧上也隨著學習活動的進行有所進步，例如從一開始在第一個單元「面積與體積」的活動中，以短尺、桌墊等小單位的物品做為量測的工具，花了很多時間去測量停車場後，在第三個單元「三角形四邊形」中，題目要求量測籃球場的邊長時，學生就會考量到籃球場的大小，而選擇以掃帚、竹竿、自己的步伐長度等做為測量的工具，同時會與同學互相驗證，或一起量測，以加快測量的速度，展現合作學習的行為。

隨著學習活動的進行，學生更喜歡與別人分享自己的答案。在學習活動開始之初，當老師在單元活動結束之後，以投影機投射出學生儲存在資料庫的解答，進行課堂討論時，部分學生總是不在意地自顧自地做自己的事，但隨著學習活動進行的次數增加，學生開始喜歡在課堂討論時與同學分享自己的答案，當老師問「接下來我們看哪位同學的答案」

時，學生總是會爭先恐後地說「我！我！我！」，而且學生的答案寫得比活動之初詳細，並會在觀看自己的答案時，解釋自己的解題想法，試圖讓別人了解。

肆、學習活動心得調查分析

根據學生所填答的學習活動心得調查表，歸納最多學生同意的問題，及最多學生不同意的問題如下：

一、至少有七成以上學生同意的問題，包括：

- 我覺得用平板電腦配合數學步道的學習活動使數學變得有趣。
- 我覺得「麥斯的移動城堡」的故事內容及人物設計很有趣。
- 我覺得系統所提供的手寫解答功能很好用。
- 我覺得系統所提供的拍照功能很好用。
- 我覺得「麥斯的移動城堡」的題目內容設計與實際校園環境有關聯。
- 我會運用我所能取得的資源、工具來解決問題。
- 經過這次的數學學習活動，我發現原來數學跟平常生活有那麼多有關係的地方。
- 經過這次的數學學習活動，讓我更了解曾經學過的數學。
- 經過這次的數學學習活動，雖然有曾經沒有學過的數學題目出現(例如:座標)，我也試著自己去學習、解答。

從以上的心得調查結果可發現，利用行動學習數學步道系統從事數學步道的學習，可有效提高學生學習興趣，且達到讓學生發現數學、運用數學的目的，同時增進學生的學習信心，勇於挑戰不曾學習過的題目。除了既定的調查表所呈現的，學生自由填寫的心得亦有同於上述的

發現。學生的心得舉例如下：

- (1) 經過多次的闖關活動後，讓我對數學更了解，原來以前學過的數學，也可以運用在生活上。我覺得闖關活動非常有趣，可以訓練我們思考能力，而且隊友也十分團結，如果以後有機會，我一定會再試試。
- (2) 我覺得很好玩、有趣！
- (3) 剛開始使用平板電腦時，覺得它是一個令人討厭的東西，不過後來我覺得平板電腦是個很有趣的東西！
- (4) 我覺得剛開始操控非常不容易，數學題目有點難，但學過幾次後，數學題目的答案非常奧妙，新奇有趣！
- (5) 用平板電腦讓我覺得原本這麼死板的數學能變得很有趣，讓我越來越喜歡數學了。
- (6) 我覺得平板電腦蠻好玩的，只是比起在教室上課，時間花得比較長。剛開始我接觸平板電腦很不習慣，甚至很討厭它，不過現在我已經慢慢習慣，也越來越覺得好玩了！
- (7) 我覺得使用平板電腦能讓我對數學更感到有趣。
- (8) 其實平板不是真的很難用，而且可以帶著電腦在校園裏走動，有很特別的感覺。
- (9) 我覺得這次的活動很有趣，可以到外面測量。
- (10) 我覺得平板電腦，不只讓我們學習了更多數學知識，也讓我們學習了合群和團隊精神。
- (11) 這一次的活動可以讓我覺得數學沒有那麼無聊。
- (12) 用這種來上數學，我覺得很有趣，又不無聊呢！

由學生的心得可以發現，學生對於使用新科技來從事學習的接受能力非常良好，而且在熟悉平板及系統的使用方法後，學生都能夠融入整

個學習活動，並從其中獲得學習的樂趣，提升學習的興趣。

二、最多學生（約四成）不同意的問題為：

- 我覺得網路的訊號穩定，不會影響學習活動的進行。

由於在活動開始之初，無線網路的訊號並未針對學習活動所在的區域做加強，再加上同時多人一起上線，以致於造成訊號不佳，時常出現斷線的情形，不但拖延活動進行的時間，而且影響學生的學習情緒，造成學生對學習活動的反彈。後來在學習區域加裝強波器、學習系統增加答案上傳的功能，防止因訊號不佳，造成答案遺失，而使得學生同一題目做好幾次的情況再發生。經過以上處理措拖，無線網路訊號不穩定的問題，獲得有效的改善，學生的學習不再受到干擾，學生才得以真正進行學習活動，學生反彈的情形也大幅降低。不過從學習活動心得調查中可以看出，網路訊號的問題的確留給學生深刻的印象，也讓學生覺得深受其擾，這樣的情形，同時也反映在自由發表的心得之中，關於這方面的學生學習心得如下：

- (1) 我覺得平板電腦太容易斷線了，每次要做答時都一直斷線。
- (2) 我覺得要是不常常斷線就好了。
- (3) 平板電腦還是有一點不方便，尤其是有時候走來走去，訊號會斷，更是傷腦筋，不過還蠻好玩的啦！
- (4) 有時候平板電腦的系統會有問題，會斷訊，會覺得很煩。剛開始使用的時候，做得測量很麻煩，平板電腦又還用不習慣，系統不穩定，所以用起來很麻煩，希望下次可以更方便。
- (5) 雖然覺得可以把電腦拿出去作答很棒，但有時會斷線，有點麻煩。

第三節 研究結果

綜合本研究所探討的問題及資料分析，歸納出下列的分析結果：

一、不同的數學步道學習方式，對學生數學學習成就的影響

以不同的數學步道學習方式為主要探討原因，排除學生起點能力不同的影響後，發現在戶外數學步道學習活動中，使用行動學習數學步道系統的學生，數學學習成就後測成績表現，顯著優於使用紙本的學生， $F=16.614$ ($p < .05$)。

此結果與吳姵蓉(2005)對國中學生所做的行動學習數學步道教學實驗結果相同。因此，不論實驗對象是國中學生，還是國小學生，行動學習數學步道的學習方式，對於學生的數學學習成就都有顯著的提升效果。

二、不同認知風格與不同的數學步道學習方式，對學生數學學習成就的影響如下：

1. 就場地獨立型學生而言，以行動學習數學步道系統進行學習活動的場地獨立型學生，其數學學習成就後測成績的表現，顯著優於以紙本方式進行學習活動的場地獨立型學生， $F=8.624$ ($p < .05$)。
2. 就場地依賴型學生而言，行動學習方式的學生，其數學學習成就測驗後測成績雖高於戶外紙本方式的學生，但並未達到顯著差異， $F=0.630$ ($p > .05$)。
3. 就行動學習數學步道系統的學習活動而言，場地獨立型學生的數學學習成就後測表現顯著優於場地依賴型學生的表現， $F=5.662$

($p < .05$)。

4. 就紙本的學習活動而言，場地獨立型學生數學學習成就後測成績雖高於場地依賴型學生，但並未達到顯著差異， $F=0.593$ ($p > .05$)。
5. 歸納以上結果，以行動學習數學步道系統進行學習活動的場地獨立型學生，其數學學習成就顯著優於以紙本進行學習活動的場地獨立型學生，也顯著優於同樣使用行動學習數學步道系統的場地依賴型學生，即以行動學習數學步道系統為學習工具的場地獨立型學生，其數學學習成就後測成績表現最佳。
6. 使用行動學習數學步道的場地依賴型學生與使用紙本的場地獨立型學生其數學學習成就後測成績表現，經共變數分析後，發現兩者並無顯著差異；進一步比較兩組的前測差異，與兩組的後測差異，則發現使用紙本的場地獨立型學生，其前測成績顯著優於使用行動學習數學步道的場地依賴型學生($t=-2.923$, $p < .05$)，但後測成績則無顯著差異($t=-1.055$, $p > .05$)，兩者之間的差距似乎縮小了。

由以上結果可以看出場地獨立型學生，其在數學學習成就表現上，優於場地依賴型學生，與前人所做之相關研究（例如張韶瑩，2003、鐘世帆，2005），結果相同；同時印證文獻所提的場地獨立型學生擅長數學與科學學科的研究發現。

再者，從上述結果亦可發現，行動學習數學步道的學習方式，比起戶外紙本的方式，對於場地獨立型及場地依賴型學生的學習成效更有提升效果，且有助於拉近場地依賴型學生與場地獨立型學生之間的數學成就差距，換句話說，行動學習數學步道對於場地依賴型學生的數學學習成就有極顯著的幫助。

三、不同數學學習態度與不同的數學步道學習方式，對學生數學學習成

就的影響結果如下：

1. 就數學學習態度高分群學生而言，不同的學習方式，對其數學學習成就後測成績的表現，沒有顯著的影響， $F=0.743$ ($p>.05$)。
2. 就數學學習態度中分群學生而言，不同的學習方式，對其數學學習成就後測成績的表現，沒有顯著的影響， $F=2.067$ ($p>.05$)。
3. 就數學學習態度低分群學生而言，以行動學習數學步道系統進行學習活動的學習態度低分群學生，其數學學習成就後測成績的表現，顯著優於以紙本方式進行學習活動的學習態度低分群學生， $F=13.085$ ($p<.05$)；且其成就測驗後測表現亦顯著優於前測表現 ($t=-8.825, p<.05$)，而使用紙本的學習態度低分群學生成就測驗後測表現與前測表現相較，則無顯著提升 ($t=-2.154, p>.05$)。
4. 就行動學習數學步道系統的學習活動而言，學習態度高分群與低分群學生的數學學習成就測驗後測成績表現並無顯著差異， $F=0.003$ ($p>.05$)；但進一步分別比較其前、後測成績，發現學習態度高分群的前測成績顯著優於學習態度低分群學生 ($t=-3.436, p<.05$)，但後測成績則無顯著差異 ($t=-1.885, p>.05$)，兩者之間的差距縮小了。

從以上的分析結果，可知行動學習數學步道的學習方式，雖然對於學習態度高分群及中分群的學生，並沒有顯著的影響；但對於數學學習態度低分群的學生，則顯著地提升了其數學學習成就的表現，並有效地縮短了原本與學習態度高分群學生的落差。與此相比，戶外紙本數學步道的學習方式，則無法有效提升學習態度低分群學生的學習成就表現。

根據以往的研究發現，數學學習態度與數學學習成就之間是有相關存在的 (Hackett & Betz, 1989)，而且是相互影響的結果。學生的數學成就如果提高，將會有較積極的數學態度和信念 (Higgins, 1997；葉麗珠, 2006)，因此，行動學習數學步道的學習方式，將會對於學習態度

低分群學生產生一個良性循環的影響。

四、由統計分析結果，研究者根據學習活動時的觀察、學生心得及文獻探討推測，造成學生學習成就上有差異的原因為：

1. 科技工具的使用引發及維持學習興趣

本研究的實驗組是以平板電腦為工具，學生對於能夠使用平常甚少接觸且全新的平板電腦來進行戶外數學步道的學習都感到新奇、有趣，就如同學生在學習心得調查表中所表達的，「我對平板電腦很有興趣」、「其實平板不是真的很難用，而且可以帶著電腦在校園裏走動，有很特別的感覺」，至於後來加入的照相功能，也大受學生歡迎，在學習心得調查表中，有八成以上的學生反映他們覺得照相功能很好用。學生對於能夠在學習活動中利用到網路攝影機來拍照並立即在平板電腦中呈現，感到非常興奮，不管題目是否要求，學生依然喜歡使用照相功能，留存學習活動的影像，題目設計融合科技工具的使用，再次提昇了學生的學習興趣，使得學生的學習興趣一直能夠維持。

2. 行動學習數學步道系統提供學生較多的學習輔助及更方便的工具

行動學習數學步道系統不僅以比紙本更生動、活潑的方式來呈現數學步道上的題目，更提供豐富、有系統的補充教材，使學生在遇到學習困難時，可以溫故知新，得到適度的引導，並與之前學過的觀念產生聯結，將舊觀念應用在新的學習內容上，換句話說，系統所提供的補充教材，讓學生在自由開放的學習環境中，亦有適當的鷹架輔助學習，並從中逐漸建構出自己的知識，就如同學生在學習心得調查表中所呈現出的，有六成的學生都曾利用過補充教材來協助解題，而且同意補充教材能有效地幫助思考解題方向。除了系統所提供的既有補充教材外，每個

學生亦可以自由上網取得、利用線上資源，充分發揮行動學習的特色，讓學生在其最需要或最適時的情況下進入資訊網路獲取訊息（Seppälä & Alamäki, 2003），使學習的觸角更加擴展。

行動學習數學步道系統提供學生方便的溝通工具，當遭遇問題時，學生不僅可以和身邊的同學面對面討論，亦可以利用系統所提供即時通訊的功能，即時地和在不同關卡的同學討論，而且為了讓遠端的同學了解問題，學生在用文字表達時，等於又把自己的問題再釐清，有助於學生的反省、思考。

行動學習數學步道系統提供了方便的手寫功能，學生可以使用觸控筆來作答，就如同所習慣的鉛筆一般，而且修改更方便；若需繪圖，亦有方便的繪圖工具供其使用，不用攜帶額外的工具就可以畫出所需要的圖形。除此之外，學生亦可以隨時利用電腦裏即有的計算機功能協助計算，而不用另外再帶計算機。

3. 行動學習數學步道系統使分享更容易並促使學生更積極主動

當學生進行數學步道的學習活動時，相較於課堂學習，有更多的機會可以隨時與同學討論。而與紙本相較，以行動學習數學步道系統進行學習活動的學生，因為系統不但保存學生的作答紀錄，而且允許學生在完成該題解答之後，可以立即查看該題的作答紀錄，使得學生在與同學討論的同時，可以隨時查看自己或他人的作答紀錄，方便與他人分享自己的解題想法、作答方式，藉此澄清自身的觀點，促進有效溝通，並從別人不同的解題方式中，獲得新的啟發。

行動學習的方式不但可以使學生在戶外立即進行分享，在課堂討論時，教師也可以很方便地從作答紀錄的資料庫中，調閱學生的紀錄，並利用投影機投射的方式，與全班一起分享，學生對於自己在戶外數學步

道上的所寫的解答、所照的照片能夠立即地在教室內與全班同學一起討論、分享，也顯得興趣盎然，不但熱烈參與討論，並更積極主動地表達自己的意見及解題想法。

4. 行動學習數學步道系統的設計，同時滿足場地獨立型學生及場地依賴型學生的需求

如上述2所揭示，系統不但提供了製作完整的補充教材，並且開放學生可以自由上網搜尋資訊。這裏要特別說明的是，系統所提供的補充教材，正好提供了一個結構化的學習輔助，而且除了面對面的討論，更可以透過即時通訊達到與在不同關卡的同學討論的目的，甚至可以直接請教老師，這些正好符合場地依賴型學生喜好高結構化的學習環境及教材，喜歡透過和別人溝通、交流，來達到學習的目的學習特性。而對於場地獨立者來說，雖然數學步道的整個設計是一個既定、結構化的學習內容，但學習的速度控制及輔助教材的使用，掌握在學生自己的手中，而且教師在此為一個諮詢者的角色，給予學生最少的干涉、最大的自由，卻又能提供適時的輔助，正好符合場地獨立者的學習特性需求（Triantafyllou, Pomportsis & Demetriadis, 2003）。

5. 行動學習數學步道系統的使用，使學習氛圍變得正向積極

無論是數學步道或是行動學習數學步道的學習活動使學生對數學有較高的興趣、較為主動去學習，而且增加學生的成就感及自信心，因此對數學的價值持較正面的看法（陳厚吉，2003;吳姵蓉，2005）。而在行動學習數學步道的學習活動過程中，依研究者的觀察，多數學生在使用行動學習數學步道系統時，與同學互動頻繁、學習態度變得積極，投注更多的注意力在數學的學習上，並且樂於分享、討論，整個學習的

氛圍變得活潑、積極。學生經由學習活動，主動發現數學的實用性，對數學的自信心也透過不斷討論、澄清而獲得提升，不但會應用曾經學過的數學，而且勇於挑戰未曾學習過的題目，整個學習氛圍的改變，促使學生在學習成就上有更好的表現。

