

第四章 結果與討論

本章主要在呈現實驗組與控制組在學習、問卷、晤談的結果分析和比較。首先先討論學生的學習結果分析。第二節對問卷進行整理分析。第三節是學生訪談結果整理，最後再綜合討論實驗結果。

第一節 學習結果分析

本節分別從學生在實作練習完成率和學生的成就測驗進行統計分析。

壹、實作練習完成率分析

在每次的實作練習進行時，請實驗組、控制組每個小組的組長，在課堂結束時使用「分組實作記錄表」記錄每一位組員的完成率。表 4-1 是兩組學生在各單元中實作練習的完成率，將該階段的完成率以人數百分比表示。由於單元一是程式環境、Lego 機器車操作的介紹，而單元七是一個整合之前所學習程式設計相關觀念的小專題，因此不將其完成率列入表中。原實驗組的「分組實作記錄表」包括四個階段，但在作資料分析時，發現第三階段「車子是否順利運轉」和第四階段「程式是否正確執行」的填選結果幾乎是一樣，因此在表 4-1 中將「車子是否順利運轉」階段省略，而原控制組的「分組實作記錄表」的第一階段「程式是否完成」和第二階段「編譯是否成功」也發生同樣的狀況，在表 4-1 中將「程式是否完成」階段予以省略。此外由於控制組是直接在電腦上操作，所以並沒有「傳輸是否正常」的階段。

表 4-1 實驗組在各個單元中的完成率

單元	程式是否編譯完成		傳輸是否正常		程式執行是否正確	
	實驗組	控制組	實驗組	控制組	實驗組	控制組
二	86.8%	72.5%	81.6%	---	73.7%	72.5%
三	47.4%	97.5%	28.9%	---	18.4%	95.0%
四	84.2%	95.0%	60.5%	---	47.4%	90.0%
五	84.2%	70.0%	50.0%	---	44.7%	70.0%
六	47.4%	95.0%	21.1%	---	18.4%	85.0%

註：直接在電腦上操作，沒有「傳輸是否正常」的階段。

整體而言，實驗組的實作練習完成率偏低，即能做完到最後一個階段，其中又以單元三、六的完成率只有約兩成的學生能完成。相對而言，控制組的實作練習完成率良好，至少七成以上的學生都能完成單元中的實作練習。

從表 4-1 各單元練習題的完成率，若以平均值計算，實驗組只有四成的學生能完成實作練習，而控制組卻有八成的學生完成實作練習（實驗組 41%，控制組 83%），在同樣的操作時間之下，大部分實驗組的學生都沒有完成實作練習，他們需要更多的時間去完成實作練習，顯示 Lego Mindstorms 的操作有著一定的複雜度。

貳、成就測驗結果分析

表 4-2 是兩組學生成就測驗總分的 t 檢定結果，結果顯示實驗組與控制組的成就測驗總成績並無明顯差異 ($p < .05$)。表 4-3 是兩組學生在「程式理解」部分的得分統計，t 檢定的分析顯示，實驗組與控制組的程式理解部分測驗成績並無明

顯差異。表 4-4 是兩組學生在「程式設計」部分的得分統計，t 檢定的分析顯示 ($p < .05$)，實驗組與控制組的成就測驗成績有明顯差異，控制組使用上機實作練習較實驗組使用 Lego Mindstorms 在程式設計方面的表現為佳。成就測驗的總分是 13 分，而「程式理解」、「程式設計」的分別是 6 分、7 分。

表 4-2 兩組學生成就測驗總分 t 考驗分析

	人數	平均	標準差	t
實驗組	38	7.11	2.49	1.39
控制組	40	8.05	3.47	

* $p < .05$

表 4-3 兩組學生「程式理解」的成就測驗得分統計分析

	人數	平均	標準差	t
實驗組	38	4.24	1.13	0.220
控制組	40	4.18	1.36	

* $p < .05$

表 4-4 兩組學生「程式設計」的成就測驗得分統計分析

	人數	平均	標準差	t
實驗組	38	2.87	2.16	1.812*
控制組	40	3.88	2.73	

* $p < .05$

從程式設計部分成就測驗的結果，Lego Mindstorms 並未能協助學生提昇程式設計的成就，可能造成的原因是由於 Lego Mindstorms 的操作複雜度較高，學生無法有充足的時間完成實作練習，造成兩組學生程式設計能力有所差別。Lego Mindstorms 的操作相關的討論請詳本章第三節「綜合討論」。

第二節 問卷結果分析

本節分別比較實驗組與控制組在學習態度和學習操作的回應，也列舉出問卷中開放性問題的回應。在本節中間卷的題號為了方便說明已重新編號，與附錄中的態度問卷的題號並不相同。

壹、學習態度

表 4-5 是兩組學生就學習態度的統計數字比較，表 4-6 是兩組學生的學習態度的 t 考驗分析，就學生填答項目分別給予分數，勾選「非常同意」是 5 分，「同意」是 4 分，其餘項目的分數以此類推。將表 4-5 兩組在實驗活動中的學習興趣、學習狀況部分填答「非常同意」與「同意」加總作比較。約有六成的學生認為實驗活動能提高他們學習程式設計的學習態度（第 1 題：實驗組非常同意 18.9%、同意 45.9%，控制組非常同意 20.5%、同意 38.5%），實驗組的平均分數高於控制組但並無顯著的差異。至於若再次使用同樣的學習用具—Lego Mindstorms、電腦上機練習作為介紹程式設計相關觀念時，實驗組有七成五學生表示願意參加而控制組有五成學生表示願意再次參加（第 3 題：實驗組非常同意 40.5%、同意 35.1%，控制組非常同意 20.5%、同意 33.3%），實驗組的平均分數比控制組高且有明顯差異。就學習狀況而言，兩組學生均有約六成的學生認為自己的學習狀況良好（第二題：實驗組非常同意 13.5%、同意 45.9%，控制組非常同意 28.2%、同意 33.3%），實驗組的平均分數比控制組低但並未達顯著差異。

就學習興趣而言，兩組學生對實作練習均持正面的態度。兩組有六成的學生表示在學習活動中不會有無所適從，知道應該如何去完成習題作業，也有同樣人

數的學生認為此次實驗活動能提高他們的學習興趣，並且若能再一次使用 Lego 機器車來學習程式設計，實驗組學生的平均分數比控制組高且有明顯的差異。顯示 Lego Mindstorms 實驗組學生比控制組學生有更高的意願使用 Lego Mindstorms 作為程式設計的學習用具，Lego Mindstorms 有效地提昇實驗組學生的學習興趣。

表 4-5 兩組學生學習態度的統計資料。

	組別	非常不				
		非常同意	同意	尚可	不同意	同意
1. 本活動能夠提高我學習程式設計的興趣	實驗組	18.9%	45.9%	27.0%	5.4%	2.7%
	控制組	20.5%	38.5%	33.3%	5.1%	2.6%
2. 在程式練習與實作時,我清楚知道自己在做什麼	實驗組	13.5%	45.9%	24.3%	13.5%	2.7%
	控制組	28.2%	33.3%	30.8%	7.7%	0.0%
3. 如果下次再使用同樣的學習工具來學習程式設計,我會很高興參加	實驗組	40.5%	35.1%	13.5%	10.8%	0.0%
	控制組	20.5%	33.3%	38.5%	7.7%	0.0%

表 4-6 兩組學生學習態度統計分析

	組別	人數	平均	標準差	t
	控制組	39	3.69	0.95	
2. 在程式練習與實作時,我清楚知道自己在做什麼	實驗組	37	3.54	0.99	1.26
	控制組	39	3.82	0.94	
3. 如果下次再使用同樣的學習工具來學習程式設計,我會很高興參加	實驗組	37	4.05	1.00	1.77*
	控制組	39	3.67	0.9	

* $p < .05$

貳、 學習工具操作

表 4-7 是兩組學生對實驗活動所使用的學習工具（講義、整合式的程式編譯環境）的看法，表 4-8 是兩組學生的學習工具操作的 t 考驗分析，就學生填答項目分別給予分數，勾選「非常同意」是 5 分，「同意」是 4 分，其餘項目的分數以此類推。將表 4-7 兩組在實驗活動中就程式編譯環境部分填答「非常同意」與「同意」加總作比較。約有八成五的學生認為講義對他們的學習很有幫助（第四題：實驗組非常同意 32.4%、同意 56.8%，控制組非常同意 46.2%、同意 38.5%），實驗組的平均分數比控制組低但未達顯著差異。實驗組有四成的學生認為整合式的程式編譯環境易於使用，而控制組有五成的學生持相同的看法（第五題：實驗組非常同意 8.1%、同意 35.1%，控制組非常同意 23.1%、28.2%），實驗組的平均分數比控制組低但未達顯著差異。而就程式編譯環境在編譯程式時所提供的錯誤訊息，兩組學生約有五成比例認為能夠了解各項錯誤訊息的意義（第六題：實驗組非常同意 2.7%、同意 43.2%，控制組非常同意 23.1%、30.8%），實驗組的平均分數比控制組低但未達顯著差異。

綜合而言，就學習工具操作部分兩組學生的意見相近。就講義部分，兩組大部分的學生均表示對其學習很有幫助，兩組均約有一半的學生認為程式編譯環境 JCreator 的操作介面容易使用，並且在編譯過程中，若有產生錯誤訊息學生能了解其意義，會嘗試去排除錯誤。

表 4-7 兩組學生對學習工具的統計資料

	組別	非常同意	同意	尚可	不同意	非常不同意
4. 老師發的講義對我的學習很有幫助	實驗組	32.4%	56.8%	10.8%	0.0%	0.0%
	控制組	46.2%	38.5%	15.4%	0.0%	0.0%
5. 我覺得程式編輯軟體 JCreator 容易使用	實驗組	8.1%	35.1%	37.8%	13.5%	5.4%
	控制組	23.1%	28.2%	33.3%	10.3%	5.1%
6. 編譯程式時,我了解錯誤訊的意義	實驗組	2.7%	43.2%	32.4%	16.2%	5.4%
	控制組	23.1%	30.8%	28.2%	12.8%	5.1%

表 4-8 兩組學生學習工具統計分析

	組別	人數	平均	標準差	t
4. 老師發的講義對我的學習很有幫助	實驗組	37	4.22	0.63	0.59
	控制組	39	4.31	0.73	
5. 我覺得程式編輯軟體 JCreator 容易使用	實驗組	37	3.27	0.99	1.11
	控制組	39	3.54	1.12	
6. 編譯程式時,我了解錯誤訊的意義	實驗組	37	3.22	0.95	1.34
	控制組	39	3.54	1.14	

* $p < .05$

參、實作練習

表 4-9 是兩組學生對實作練習看法的統計資料,表 4-10 是兩組學生的實作練習的 t 考驗分析,就學生填答項目分別給予分數,勾選「非常同意」是 5 分,「同意」是 4 分,其餘項目的分數以此類推。將表 4-9 兩組在實驗活動中就實作練習部分填答「非常同意」與「同意」的加總作比較。有六成以上的學生認為在作完實作練習後,認為自己能夠設計一個簡單類似實作練習的程式(第 9 題:實驗組非常同意 62.2%、同意 10.8%,控制組非常同意 30.8%、33.3%),實驗組的平均分數比控制組高但未達顯著差異。超過七成的學生認為能掌握、明瞭實作練習所使用的程式指令(第 7 題:實驗組非常同意 18.9%、同意 51.4%,控制組非常同意 43.6%、43.6%),實驗組的平均分數比控制組低且有明顯差異。至於是否可以很容易完成實作練習的整個學習活動,實驗組的學生有四成認為能夠完成每次的實作練習學習活動,而控制組有七成的學生很容易完成實作練習(第 8 題:實驗組非常同意 10.8%、同意 29.7%,控制組非常同意 33.3%、38.5%),實驗組的平均分數比控制組低且有明顯差異。

整體而言,兩組大部分的學生均認為能夠掌握專題活動,但就是是否可以容易完成實作練習活動和明瞭實作練習題的程式指令,實驗組的平均分數均比控制組低且達明顯差異,顯示大部分實驗組的學生覺得實作練習有一定的困難度。

表 4-9 兩組學生對實作練習看法的統計資料

	組別	非常同意	同意	尚可	不同意	非常不同意
7. 我能夠明瞭實作練習題的程式指令	實驗組	18.9%	51.4%	13.5%	16.2%	0.0%
	控制組	43.6%	43.6%	12.8%	0.0%	0.0%
8. 我能夠很容易完成實作練習題的學習活動	實驗組	10.8%	29.7%	21.6%	35.1%	2.7%
	控制組	33.3%	38.5%	23.1%	5.1%	0.0%
9. 我能自己設計一個簡單的類似實作練習題的程式	實驗組	62.2%	10.8%	8.1%	16.2%	2.7%
	控制組	30.8%	33.3%	25.6%	10.3%	0.0%

表 4-10 兩組學生學習工具統計分析

	組別	人數	平均	標準差	t
7. 我能夠明瞭實作練習題的程式指令	實驗組	37	3.73	0.96	2.99*
	控制組	39	4.31	0.69	
8. 我能夠很容易完成實作練習題的學習活動	實驗組	37	3.11	1.10	3.88*
	控制組	39	4.00	0.89	
9. 我能自己設計一個簡單的類似實作練習題的程式	實驗組	37	4.14	1.27	1.10
	控制組	39	3.85	0.99	

* $p < .05$

肆、 開放式問題

由於開放式問題是詢問兩組學生在實作練習的相關項目，以下依實驗組及控制組分別討論。

一、 實驗組

分別列出學生撰寫程式遇到困難時學生會採用的解決方式，再則是有關教學實施順序的看法，最後是列出實驗教學課程的優點和待改進的地方。

(一) 程式撰寫遇到困難的求助方式

大約有四成學生會請教已經完成作業或已經知道該如何作的同學，其次較多人提到的是詢問老師、自行參考講義，其餘則是與同學討論或同時使用上列方式，即詢問老師再自行參考講義等方式。

(二) 教學實施順序

實驗中所採用的教學實施順序是在每一單元先使用一節課講解有關程式語言的語法、程式設計的基本觀念，再使用一節課使用 Lego Mindstorms 作為學習活動的延伸，就上一節課所闡述程式設計的觀念加以應用，大部分的學生認為這種教學實施順序對他們的學習程式設計會有幫助。

(三) 優點

1. 操控 Lego Mindstorms 的過程使學習活動很有趣

學生對 Lego Mindstorms 作為輔助學習程式設計的學習工具均予以肯定的態度，認為操控 Lego Mindstorms 機器車的過程可以讓學習活動更有趣，提昇學習興趣，讓他們更有動力去學習。以下是幾位學生的看法：

「可以對學習程式設計提高學習興趣，才不會死死的。」，

「如果機器車能運作，可以有成就感、加強學習的動力。」，

「實際操作比上課空談來得有趣也較有參與感，學得較好、完整。」

2. 從 Lego Mindstorms 的運作中對執行中的程式有初步的認識

學生也從 Lego Mindstorms 運作狀況體會到一個執行中程式的呈現，並且從觀察 Lego Mindstorms 的過程中，可以知道程式是否有執行錯誤。以下是兩位學生的看法：

「可以看到成果，也可以看到自己在寫程式有沒有做錯(前進、後退的順序)」

「程式寫的時候，比較抽象，車子在跑時，就比較清楚。」

(四) 缺點

1. Lego Mindstorms 硬體不穩定

學生下載程式至 RCX 的過程不順利，可能原因在 Lego Mindstorms 機器車的硬體或操作方面。以下是幾位學生的看法：

「有時候車子接受不到訊號、超難過！」

「車子和傳輸器的數量不足，時間也不太夠。」

「車子常故障。」

2. 錯誤訊息未能有效幫助學生除錯

程式編譯發現錯誤時所提供的訊息，不能有效協助學生找出程式錯誤的地方，可能原因是錯誤訊息未中文化或學生對除錯的技巧不了解。以下是兩位學生的看法：

「程式有錯時，常不知道要如何解決。」

「編譯程式產生的錯誤訊息，老師也有列表提示過，只是英文的東西看完就忘了。」

二、控制組學生

分別列出學生撰寫程式遇到困難時會採用的解決方式，和實驗教學課程的優點和待改進的地方。

（一）程式撰寫遇到困難的求助方式

大約有六成的學生指出會同時使用好幾種方式來解決，如詢問會的同學、老師、自行參考講義，另外較多人提到只使用一種方式，就是請教已經完成作業或已經知道該如何作的同學，此外也有少數人是自行參考講義。

(二) 優點

1. 繪製簡單圖形的實作練習有趣

學生對使用繪圖指令繪製簡單圖形作為實作練習，覺得很有趣。以下是幾位學生的看法：

「覺得還蠻有趣的，還可以利用幾個簡單的圖形就做出一則小漫畫。」

「好玩、發揮創意」。

(二) 缺點

1. 程式編譯環境未中文化

控制組使用程式編譯環境只需按程式編譯環境的小圖示即可完成工作，但英文的介面對學生仍造成學習上的干擾，學生希望程式編譯環境能中文化。

以下是學生的看法：

「希望程式中文化！」

2. 講義的編寫方式有改善的空間

雖然問卷中有八成五的學生認為講義對此次活動的學習很有幫助，但講義的編輯版面、說明文字可以再加強。以下是兩位學生的看法：

「講義有些語言很困難。」

「講義分頁不清楚！可以多加有趣的東西。」，

第三節 綜合討論

本節分別討論實驗活動中的實作練習 Lego Mindstorms 學習工具，程式編譯環境，上課教學實施順序。

壹、 Lego Mindstorms 學習工具

就問卷部分實驗組只有四成的學生認為可以很容易完成實作練習，而控制組卻有七成學生。而從各單元練習題的完成率，實驗組只有四成的學生能完成實作練習，而控制組卻有八成的學生完成實作練習。另外從開放性問卷、學生訪談也都提到 Lego 機器車的一些狀況。根據研究者在課堂中為學生排除機器車傳送問題的經歷，都顯示出 Lego Mindstorms 教學工具本身的所具有的複雜性。

Lego Mindstorms 的複雜性會造成學生的學習的干擾，但學生也從 Lego Mindstorms 的運作中獲得幫助。以下就 Lego Mindstorms 對學生學習成就的影響分別描述如下：

一、 程式下載至 RCX 容易發生錯誤

Lego Mindstorms 的傳輸操作是經由 IR tower 以紅外線方式，將程式自電腦傳輸到機器車，如何放置機器車在正確、合適的距離是傳輸正常的主要條件，若兩台機器車均在 IR tower 傳送範圍內，這兩台機器車會同時接受同一台 IR tower 所傳送的程式。

另外 IR tower 之間的位置也會影響正確傳輸，若位置太接近或 IR tower 之間

沒有作適當的隔離措施，兩個 IR tower 在同一時間區間中都在作傳送時，可能造成一台機器車接收到兩台 IR tower 所傳送的資料，導致傳送失敗或接收到不正確的程式。以上這兩種情形均會使學生在傳送過程出現錯誤。

二、Lego Mindstorms 韌體較不穩定

可能由於上列傳送過程的狀況（如兩台 IR Tower 同時傳送資料給一台機器車）或其他不明原因，在實驗活動的開始進行的第一、二單元，偶而發生機器中的韌體（Firmware）消失，需要重新安裝，在這之後，採取了 IR tower 作適當間隔和對學生宣導正確傳輸方式，最後兩、三個單元並沒有再發生類似狀況。

三、操控 Lego Mindstorms 感應器的指令不易瞭解

操控機器車的程式指令：操控機器車的程式指令可分為兩類，一是輸出的控制，如驅動馬達正向或逆向的旋轉或是設定馬達旋轉的動力，另一種則是輸入的控制，如設定各式感應器類別，光感、觸控等，讀取感應器輸出數值的模式，啟動感應器，若以這兩類作比較，控制輸出的指令比較直觀、易懂，只是針對馬達下達相關動作的指令，如馬達 A 的正轉、逆轉，而控制輸入的程式指令則需在指令中鍵入相關的參數，造成學生在撰寫有關處理感應器的程式有一定困難度，需要更多一些時間。由於在這兩個單元中都有應用感應器在習題中，這可能是實驗組學生在第三單元、第六單元的完成率偏低的原因之一。

四、 Lego Mindstorms 幫助學生了解程式指令的意義

實驗組的學生除了表示 Lego 機器車很有趣之外，亦進一步提出，程式設計編譯完成，下載至機器車成功，機器車的運轉能讓他們了解他們撰寫的程式是否有錯誤，程式呈現在機器車具體的動作使他們比較容易了解程式的意義。以下是幾位學生的看法：

「 也可以看到自己在寫程式有沒有做錯（前進、後退的順序）」

「使用馬力加速函數，執行結果明顯易觀察」

五、 Lego Mindstorms 協助學生了解程式設計的意義

學生經由重新組合曾經撰寫的程式成為一個函數，如將之前讓機器車轉彎的指令，組合成一個名為左轉或右轉的函數，然後呼叫函數來完成同樣結果，發現程式函數的意義。以下是幾位學生的看法：

「從設定函數可以簡化主程式的觀念裏，感受到程式設計的奇妙之處」

「程式寫的時候，比較抽象，車子在跑時，就比較清楚。」

「可以實際操作，更容易瞭解。」

Lego Mindstorms 除了提高他們的學習興趣，也幫助他們了解程式設計的意義，在此 Lego Mindstorms 機器車猶如為正在執行中的程式提供了一個透明方盒（glass box）讓學生可以觀察到在執行中的程式內裏的運作機制。

貳、 程式編譯環境

兩組均約有一半的學生認為程式編譯環境 JCreator 的操作介面並不是很容易使用，並且在編譯過程中，若有產生錯誤訊息學生會嘗試去排除錯誤，但也常會遭遇困難。以下就程式編譯環境的相關項目描述如下：

一、 程式編譯環境未中文化

在訪談過程中，兩組均有提出程式編譯若能中文化，將會幫助他們的學習

「編譯程式產生的錯誤訊息，老師也有列表提示過，只是英文的東西看完就忘了。」

二、 程式編譯環境介面複雜

此外實驗組在這次實驗活動中，第一節課編譯 Java 程式的編譯器與第二節課編譯 Lego Mindstorms 的編譯器並不相同。在編譯 Lego Mindstorms 的程式時，學生需要在程式編譯環境中作設定以轉換成另一個編譯器，實驗組的學生提出 project 的設定程序複雜，容易造成錯誤，增加實驗組學生完成作業的困擾，因此如何整合相關項目，減少學生自行去設定是未來要改善的方向。

參、 教學實施順序

在這次實驗活動中，上課教學順序是先上一節 Java 程式語言基本觀念，再上一節應用在第一節所學習的程式設計觀念於 Lego Mindstorms 機器車的運作中，期待在操控機器車的過程中，能進一步擴充學生對程式設計基本觀念的認識。但基於以上兩個段落有關 Lego Mindstorms 機器車在硬體、軟體操作上的討論，對學生而言，第二節所要學習的內容稍多，當學生了解 Lego Mindstorms 程式指令後，通常學生沒有充足的時間去練習操控、觀察機器車的運作，以致學生有學習兩套系統的感覺，（「為什麼要學 Lego？好像要學兩套課程！」）無法達到當初教學設計中的學習遷移，透過操控、觀察 Lego Mindstorms 機器車的運作促進學生對程式設計有進一步的了解。

因此可以考慮使用 Robins、Rountree, J. 及 Rountree, N.（2003）所提的程式設計學習架構（Programming framework）先建立學生的心智模式，然後再讓學生去學習程式語言的知識、策略。換句話說即先使用一段完整的時間介紹 Lego Mindstorms 機器車的操作，並設計機器車運作的情景讓學生實地完成作業的需求，這樣作除了引起學生的學習興趣外，也可讓學生在設計操控、觀察機器車的運作情形，從而建立對程式設計、執行、控制流程、除錯的認識，然後再使用一段完整的時間說明 Lego Mindstorms 所使用的程式語言的語法，並使用該程式語言撰寫其他解決非 Lego Mindstorms 的問題，由此建立學生對程式設計的認識。