資優教育季刊　民 109 年 12 月　第 154 期　第 11-24 頁
Doi: 10.6218/GEQ.202012_(154).11-24

視覺化程式語言對國小資優學生學習 Arduino 影響之研究

王璽威
臺北市民生國小
資優教育教師

鄒小蘭 *
國立臺北教育大學
特殊教育系
副教授

摘　要

本研究對象為國小一般智能資優班五年級學生，採前實驗研究靜態組間比較設計，實驗組 9 位先施行 16 節視覺化程式語言 (mblock) 操作 Arduino (https://www.Arduino.cc/en/Guide/Introduction?setlang=en) 課程，再進行 18 節利用 Arduino IDE 操作 Arduino 課程；另 10 位控制組僅實施 18 節利用 Arduino IDE 操作 Arduino 課程。蒐集歷程與總結性評量資料，以曼恩－惠尼 U 檢定、變異係數與描述性統計分析，比較兩組學生表現並歸納錯誤類型、次數和比例。結果如下：

一、兩組學生於學習 Arduino 的形成性和總結性學習評量結果的總分無顯著差異。

二、依據學習內容紀錄表，實驗組學生在演算法、科技的應用、語法方面表現較佳。兩組學生在程式語法錯誤和插錯腳位情形於課程後期皆大幅減少。

三、國小資優學生學習 Arduino 的課程可從學習內容、歷程和環境進行調整，減少內容重複性並著重演算法和科技的應用。

文末提出初階、中階和高階之 Arduino 系列性教材共 54 節供參考。

關鍵詞：國小資優學生、視覺化程式語言、Arduino

* 通訊作者：鄒小蘭（tsousl@tea.ntue.edu.tw）

資優教育季刊　民 109 年 12 月　第 154 期　第 11-24 頁

The Effects of Visual Programming Language for Arduino Courses on Elementary Gifted Students

His-Wei Wang
Gifted Education Teacher,
Taipei Municipal MinSheng
Elementary School

Hsiao-Lan Chau*
Associate Professor,
Dept. of Special Education,
National Taipei University of Education

Abstract

This study examines the effects of visual programming language for Arduino courses on elementary gifted students. Subjects were 19 fifth graders gifted in intelligence in elementary school resource classes. In this pre-experimental static-group comparison design, participants in the experimental group were 9 students who first took Arduino lesson with visualized programming, followed by lesson with Arduino Software (IDE) whereas participants in the control group were 10 students who only took Arduino lesion with Arduino IDE. Formative assessment and performative evaluation were conducted. Data were analyzed with Mann-Whitney U tests, variability correlates, and descriptive statistics. The findings were as follows: (1) Visual programming experiences did not affect the students' assessment results either formative or summative. (2) The record chart showed that the students in the experimental group performed better in algorithm, application of technology, and syntax. Both groups made fewer errors in syntax and socket positions in the later stages of the course. (3) Materials for teaching Arduino that are targeted for elementary school gifted classes could be adjusted in terms of content, progression, and environment. Reduce content duplication and focus on the application of algorithms and technology. This study concluded with the designed lessons with a length of 54 sections for beginner, intermediate, and advanced Arduino learners for future researchers and educators.

Keywords: elementary gifted student, visual programming language, Arduino

* Corresponding Author: Hsiao-Lan Chau (tsousl@tea.ntue.edu.tw)

壹、前言

依據教育部頒布之國民中學暨普通型高級中等學校科技領域課程綱要（2018），科技領域課程旨在培養學生科技素養，涵育創造思考、批判思考、問題解決、邏輯與運算思維等高層次思考的能力。前述目標相當吻合資優學生的特質與需求，如 Shaunessy (2007) 的研究指出資優學生在高層次思考的表現非常適合資訊科技教育，而張秉翰（2011）對國小四年級資優學生學習程式設計的研究也認為資優班應該嘗試走出自己的電腦「進階課程」。

Arduino 所開發的 Arduino 微控制器是開放原始碼的單晶片微控制器，因其構造簡單容易控制、成本極低，使得 Arduino 在開源社群中相當受到歡迎。使用 Arduino 進行科技領域教學的相關研究相當多，且被應用在各種不同教育階段，開源的硬體和軟體平臺 Arduino 開發板及搭配的軟體整合開發環境（Integrated Development Environment，簡稱 IDE），被廣泛認為是教導嵌入式系統的有效工具 (Yakimov, 2016)。為了降低程式編輯的門檻，Arduino 愛好者已開發出 ArduiBlock、Minibloq、S4A、Webduino 等視覺化程式設計軟體，即使完全沒有程式編輯經驗者也可透過 Arduino 控制器編輯程式，已有研究證明先利用視覺化程式進行教學，對學生後續學習文本式程式語言有所助益 (Bau, Gary, Kelleher, Sheldon, & Turbak, 2017)。

然而，過去研究者曾經透過視覺化程式語言的軟體進行 Arduino 教學，發現以下問題：(1) 固定的積木模塊使程式編輯上較缺乏彈性；(2) 和不同規格感應器銜接上泛用性較低；(3) 不易找到符合的函式庫 (library) 或相關資源網站介面為英文而不易閱讀；(4) 和其他編輯環境不相容無法交流；(5) 教學書籍教材受限、部分商業應用需要付費；(6) 當學生想要學習更進階或是更廣泛的應用時，沒有辦法利用過去的學習經驗找到適當的教材進行學習；(7) 當學生想要進一步學習其他程式語言時，因為只具備程式邏輯而不具備閱讀文本式程式語言的能力而無法類化；(8) 畢業生表示上了高中階段學習 C++ 的時候還是要從頭學起等。亦即若要實際運用機電整合裝置在各種不同用途，仍然需要閱讀或使用文本式程式語言才能達成目標，且一般的 Arduino 專案其程式架構往往極為簡單，不需要太多繁雜的運算，透過流程圖等虛擬碼的方式即可清楚的呈現目標。因此若要能更進一步運用 Arduino，仍須回歸到 Arduino IDE 的操作架構，才能徹底發揮 Arduino 功能，同時解決上述各種問題。

綜上，研究者好奇以「運用 Arduino IDE 操作 Arduino 解決問題」作為學習目標，是否仍需學習視覺化程式語言呢？視覺化程式語言的開發，是因學習傳統文本式的程式設計遇到困難，包含：(1) 抽象的程式概念；(2) 難以記憶的語法；(3) 不透明且無趣的執行結果；(4) 學習動機的缺乏（陳彤宣，2011）。雖然使用視覺化程式語言，可有效降低學習門檻，但是當學生回過頭來學習 Arduino IDE 的時候，學生仍然要面對複雜的語法、抽象的概念性描述、不知所云的執行結果等問題，且資優學生有較佳的邏輯推理能力，因此程式邏輯或許並不是造成學習困難的主要因素。因此對資優學生而言，能否直接學習文本式程式語言就好呢？

是以本研究目的有二：（一）採用實驗教學設計比較有無視覺化程式語言學習經驗對學習文本式程式語言 (Arduino IDE) 的影響；（二）針對國小資優學生實施文本式程式語言提出課程調整的建議，以供國小資優班實施科技教育的參考。

貳、資優生科技教育的課程與教學

一般智能資優學生具有較一般同儕突出的邏輯推理能力，在抽象思考與符號應用方面表現也較佳，對於學習新奇事物或是高複雜性的學習材料更是有著高度的熱誠等學習特質，需要提供和普通課程不同的特殊課程來滿足其需

求。蔡典謨（2018）提出符合資優學生課程調整的原則與策略，包含學習內容、學習歷程、學習環境及學習評量，以期能符應資優生的特質規劃適當的課程。而資優教育目標正好和科技教育目標有許多不謀而合之處（宋明君，1995），以民國 107 年公告之臺北市科技領域國小資訊科技課程教學綱要（2018）為例，內容同樣強調涵育創造思考、批判思考、問題解決、邏輯與運算思維等高層次思考的能力，因此科技教育一直以來都受到資優班的重視。王振德（1985）為我國早期提倡在資優班實施程式設計課程之先驅，其主張資優學生的學習能力和潛能相當適合程式設計教育。張秉翰（2011）的研究指出若能選用適當的工具，結合正確的教學策略，中小學生具有能力可以學習程式設計，且資優教育非常適合進行相關的教學。運用網際網路開放式課程，能提供資優學生各種學習的管道，貼近資優學生的學習需求，同時也能提供教師教學素材的分享平臺，若能指導學生善用此資源，協助學生組織學習架構，對學生的幫助極大（李隆誠、吳東諺、陳振明，2001）。

近年來隨著科技的發展，許多資優班紛紛開設科學 (S)、技術 (T)、工程 (E)、數學 (M) 四門學科的相關課程，合稱為 STEM 課程 。因程式語言和電子電路的學習門檻較高，為了使初學者能夠更容易的利用電腦程式操作各種硬體設備、滿足人人皆能設計的社會趨勢和降低學習門檻的教育目的，目前發展出各種適合新手的軟、硬體，讓初學者只要簡單的將程式語言組合在一起，就可以自由運用想像力完成各種程式，藉此操作動力機械裝置（李俊榮，2010），例如：Lego Mindstorms、Arduino 等都吸引許多使用者。林業盈（2015）就曾分享在資優班實施 Lego Mindstorms 機器人教學課程，並以自身經驗分析其課程設計和成效。臺北市 105 學年度也在日新國小推動「夢想自造 ・WE ARE MAKER」區域衛星資賦優異方案，同時也設立臺北市自造教育示範中心，提供教師交流與學生學習的空間。臺北市師大附中也設立自造實驗室，提供高中階段的學生科技領域相關課程。每年全國的資賦優異區域方案也都會辦理相關課程。科技領域相關課程在國小資優班蓬勃發展的原因包含：(1) 資優班學生人數較少，經費較為充裕；(2) 課程的自主彈性較大；(3) 科技領域課程與資優教育目標接近；(4) 強調專題式課程；(5) 採取小班教學；(6) 家長資源較為豐沛；(7) 教材數量需求較低；(8) 學生學習動機較強等。另外，吳嘉峰（2013）在運用電腦科技進行問題解決的研究中發現，樣本在能力變項的解釋量遠大於年級變項，顯示樣本能力對於科技應用問題解決表現之解釋力大於年齡。資優學生卓越的學習和理解能力，使資優學生可以學習較一般同儕困難的課程，可見若要在資優班實施科技教學，課程的內容和一般的同儕並不需要完全相同，而是可以視學生的需求進行調整，以發展學生的學習潛能。因此在課程安排上，是可以考慮將國中階段的學習內容，如演算法基本概念、程式語言基本概念功能及應用、結構化程式設計、基本電學知識等列入，以滿足學生的學習需求。

若跳脫科技領域的範疇，Arduino 的多功能也可以滿足資優學生在學習其他領域的需求。例如：資優學生在進行獨立研究的過程當中，有時會需要各種不同的電子設備來輔助實驗或是記錄過程，而 Arduino 可以自由搭配不同感應器的特性，使得學生可以運用較少的成本，客製化各種感應設備並按時記錄讀取的數值。綜合來說，運用 Arduino 進行科技教育相當適合資優學生未來的發展和應用，也能培養高層次思考以及滿足實際研究的需求。

參、研究方法

一、研究設計

本研究採前實驗研究法靜態組比較設計。控制組先進行 5 天共 18 節課的文本式程式語言 (Arduino IDE) 課程，實驗組則先進行 4 天共 16 節課的視覺化程式語言 (mblock) 課程，

再進行 5 天 18 節課的 Arduino IDE 課程。

二、研究對象

本研究以 19 位不具使用 Arduino 經驗的五年級國小資優學生為研究個案，依個案可配合的研究時間隨機分為實驗組（9 人）和控制組（10 人）。

三、課程規劃

針對實驗組實施的視覺化程式語言參考《用 mblock 玩 Arduino Starting from Scratch》（林信良，2015）規劃，使用的視覺化程式語言為 mblock，將程式用不同的積木呈現，可透過拖拉積木的方式堆疊程式，透過顏色和形狀的差異來避免錯誤。實驗組和控制組共同實施的文本式程式語言，則參考《超圖解 Arduino 互動設計入門》（趙英傑，2016）規劃而成。內容除書中範例展示外，還會進行程式概念說明、除錯技巧教學、基本電學教學、線路的接線原則教學。採 Bottom-Up 的教學方式，先以較複雜的方式呈現整體問題，再逐步簡化其內容。為使教學過程一致，採錄製教學影片讓學生學習，包含必要的英文說明、Aduino IDE 的語法說明等。

四、研究工具

本研究工具包含 Arduino 形成性評量表、學習成果實作評量表以及學習內容紀錄表。評量指標擬定參考科技領域課程綱要（2018）學習內容，依資訊科技與生活科技兩科目再行細分，最後納入演算法中的輸入、輸出、明確、有限、有效五個評量指標；程式語言的資料型態、變數、輸入／輸出、算術運算、邏輯運算五個評量指標；科技的應用中基本電學與常用電子零件（以下簡稱電子零件）、簡單電子電路的設計與應用（以下簡稱電路設計）兩個評量指標，共三個主題、十二個評量指標。另外再加上程式語法之錯誤，合計共四個類型、十三個評量指標作為評量之標準。

（一）Arduino 形成性評量表

本測驗為研究者自編之形成性評量，參考科技領域課程綱要（2018）的學習表現與學習內容，屬於教學後的學習成效測驗，採用實作評量方式，依十三個評量指標計算得分。評量內容為當天的教學單元中挑選部分概念，並修改其中的參數與變項或結合之前的教學單元內容設計而成。

（二）學習成果實作評量表

屬於總結性評量，採用實作評量方式進行，其內容涵蓋全部教學單元的教學目標，結合各個教學單元內容，修改參數與變項而成，總共規劃兩個題目，並依十三個評量指標計算得分。

（三）學習內容紀錄表

為評估學生在 Arduino 課程學習成效因而編製學習內容紀錄表，由研究者擔任協助學生問題解決與指導的角色，協同老師擔任記錄者。編製後邀請學校電腦老師等專家協助評鑑，藉以檢視紀錄表之適切性。

五、資料蒐集與分析

本研究分別蒐集「Arduino 形成性評量表」、「學習成果實作評量表」資料進行量化分析。本研究受限於樣本數較少，因此使用曼恩－惠尼 U 檢定，比較評量階段兩組學生表現是否有所差異；使用變異係數比較兩組學生在評量階段的分數變異情形。此外，整合學生學習內容紀錄表的質性資料，統計學生常犯之錯誤，記錄次數與比例，比較實驗組和控制組的學生較容易出現的學習問題和困難。最後根據研究結果，考量資優學生的學習需求和學習特質，結合資優生的課程調整原則將課程架構和教學影片加以修正，做為課程發展的參考依據。

肆、研究結果與討論

本研究在探討視覺化程式語言對國小資優學生學習 Arduino 之影響，透過形成性評量之

「Arduino 形成性評量表」、總結性評量「學習成果實作評量表」和「Arduino 學習內容紀錄表」的紀錄內容進行分析及討論，提供教師實施 Arduino 教學時的建議與參考。

一、「視覺化程式語言」對 Arduino 的學習成效之影響

本研究的研究工具包含 Arduino 形成性評量表、學習成果實作評量和 Arduino 學習內容紀錄表，以下分別就結果進行分析。

（一）「Arduino 形成性評量表」分析結果

針對參與研究的 19 位個案實施 Arduino 課程教學的過程中，合計共八樣作品進行形成性評量。

為了比較是否學習「視覺化程式語言」對 Arduino 學習成效之影響，依據學生學習表現評量結果分成三個部分。第一部分為實驗組和控制組的學生在每一次形成性評量的表現差異。第二部分為實驗組和控制組的學生整體形成性評量表現是否有所差異。第三部分為實驗組學生和控制組學生在各組之間每次評量的學習表現是否一致或出現明顯落差。

1. 實驗組和控制組的學生在每一次形成性評量的表現差異

如表 1，無論是哪一個題目，當顯著水準 0.05 時，其 Z 值皆大於 -1.96 ，表示實驗組和控制組每一次的學習表現評量皆未達顯著差異水準，表示兩者分數差異不大。

2. 實驗組和控制組的學生整體形成性評量表現是否有所差異

根據表 2，透過曼恩－惠尼 U 檢定後，Z 值為 -0.49。也就是說，當顯著水準為 0.05 時，實驗組和控制組的得分並沒有達顯著差異水準。

3. 實驗組學生和控制組學生於各自組別內部的學習表現是否一致

表 3，實驗組的學生變異係數達 54%，高於控制組學生的 50%，實驗組的學生組內學習表現得分差異略高於控制組，但各組組內學生學習表現得分差異不大。

表 1

評量題目學習表現分析

評量題目		1	2	3	4	5	6	7	8
平均總分	實驗組	6.33	7.11	8.11	3.78	5.78	4	5.78	1.33
	控制組	6.1	8.7	9.5	0	3.6	0	5	3.8
曼恩－惠尼 U		43	43	41	30	34.5	30	39	35.5
Z 值（雙尾）		-0.16	-0.16	-0.32	-1.25	-0.86	-1.22	-0.49	-0.78

表 2

兩組學生整體形成性評量比較

組別	平均	曼恩－惠尼 U	Z 值（雙尾）
實驗組	42.22	39	-0.49
控制組	36.7		

表 3

「Arduino 形成性評量表」整體學生學習表現落差

	標準差	變異係數
實驗組	22.73	54%
控制組	18.35	50%

（二）「學習成果實作評量表」分析結果

以下針對兩個總結性評量結果（代號 F1、F2）共分成三個部分進行分析。第一部份為實驗組和控制組的學生於兩項成果實作評量的表現是否有所差異；第二部份為實驗組和控制組的學生整體的學習成果實作分數是否有所差異；第三部份為實驗組學生和控制組學生的學習成果實作表現是否一致還是出現明顯落差。

1. 實驗組和控制組的學生兩次實作評量表現差異

如表 4，無論是哪一個題目，於顯著水準 0.05 時，其 Z 值皆大於 -1.96 ，表示實驗組和控制組兩次的學習表現評量皆未達顯著差異水準，表示兩者分數差異不大。其中實驗組在兩個測驗題目中，得分皆高於控制組，第二項作品的分數無論實驗組或是控制組都明顯的高於第一項作品。

2. 實驗組和控制組的學生整體成果實作評量表現是否有所差異

實驗組的總分為 113、平均等級為 12.56；控制組總分為 92、平均等級為 9.2。透過曼恩－惠尼 U 檢定後，Z 值為 -0.86。也就是說，當顯著水準為 0.05 時，實驗組和控制組的得分並沒有達顯著差異水準。

3. 實驗組學生和控制組學生於各自組別內部的學習表現是否一致

如表 5，實驗組的學生變異係數達 88%，高於控制組學生的 84%，可見實驗組的學生彼此之間的分數落差高於控制組，但幾乎沒有差異。

根據前述的研究結果可知無論是否具有視覺化程式語言的學習經驗，對於資優學生學習使用文本式程式語言的成效並沒有顯著差異，但從學生的課程反饋意見可以得知，具有視覺化程式語言操作經驗的學生在未來仍然會比較傾向於使用視覺化程式語言來操作 Arduino，理由主要為較容易學習。除此之外，Brusilovsky、Calabrese、Hvorecky、Kouchnirenko 與 Miller (1997)、Bau 等人 (2017)、Felleisen、Findler、Flatt 與 Krishnamurthi (2004) 等相關的研究也指出學習過視覺化程式語言的學生學習文本式程式語言時會有較好的表現。之所以會產生這樣的差異，可能原因為本研究在「演算法」和「程式設計」的評量內容較為簡單直觀，對沒學過視覺化程式語言的學生並不會造成太大的差異。

（三）資優學生學習 Arduino 較易出現的錯誤類型比較

以下彙整「Arduino 學習內容紀錄表」

表 4

學習成果實作評量學習表現分析

評量題目	組別	平均總分	曼恩－惠尼 U	Z 值（雙尾）
F1	實驗組	4.22	38	-0.57
	控制組	2.4		
F2	實驗組	8.33	34	-0.9
	控制組	6.8		

表 5

「學習成果實作評量」整體學生學習表現落差

	標準差	變異係數
實驗組	11	88%
控制組	7.74	84%

的結果，分析歸納國小資優學生學習使用 Arduino IDE 操作 Arduino 的過程中，演算法、程式設計、科技的應用和語法的學習適用性以及較容易出現的錯誤類型，作為之後設計 Arduino 教材之參考。

1. 學生於各評量指標錯誤次數比較

表 6 則為總計四個學習內容類型的錯誤次數。整體而言實驗組在演算法、科技的應用、語法方面平均錯誤次數比控制組較少；而控制組在程式設計方面的平均錯誤次數比實驗組較少，但是差距是四個學習內容中最小的。

2. 具體錯誤內容差異比較

根據前述研究結果顯示，視覺化程式語言的學習經驗對於學生出現的錯誤內容有相當大的差異。比較兩組在錯誤比例差距較大的評量指標後可以發現：(1) 實驗組在演算法、科技的應用兩個學習內容中表現優於控制組；(2) 越後期的評量語法錯誤越少，成果實作評量階段沒有任何語法錯誤；(3) 兩組未作答的比例接近，且控制組答題情形較不穩定；(4) 控制組在電路設計的具體錯誤內容並不固定也沒有特定的趨勢；(5) 控制組常有沒有設定腳位功能的錯誤；(6) 實驗組較容易出現序列埠顯示錯誤，不過後期完全沒有出現。

除此之外，發現學生在形成性評量階段的學習表現因時間不足而有分數下降現象，而在成果實作評量表現比形成性評量優異。

3. 兩組學生共同的問題

根據研究結果，兩組學生皆出現的共同問題：(1) 有超過四成的比例是屬於完全沒有作答的情形，且成果實作評量明明較為困難但答題率卻較形成性評量高，可能是因為形成性評量階段評量時間過短造成；(2) 越後期語法出現的錯誤越少，且從符號錯誤轉為打錯字或大小寫錯誤，顯示學生熟悉文字式程式語言的速度極快；(3) 電子零件這個指標的主要錯誤為「插錯腳位」以及「數位和類比訊號混用」，然而後期並沒有這兩類的錯誤；(4) 形成性評量階段常出現「運用序列埠輸出」錯誤，可見對剛接觸 Arduino IDE 的學生來說用序列埠呈現數值較為困難；(5) 判別式和訊號量化的內容造成未作答比例升高，但後期明顯改善。

二、Arduino 系列教材之單元設計與學習評量的設計與實施

（一）針對資優學生學習 Arduino 的調整建議

依據本研究資優學生的需求與學習表現，並參考蔡典謨（2018）提出的課程調整參考，以下就學習內容、學習歷程及學習環境的調整方式提供建議。

1. 學習內容的調整

為了減少「插錯腳位」和「數位和類比訊號錯誤」，從四年級的自然科學課程開始加強電流與電壓的基本概念；為了減少判別式的條件設定錯誤或是將刺激量化的困難，在一般課程中培養訊息量化或是演算法的概念；透過數線的應用培養學生對於數值的換算的理解；也可以在彈性課程中安排相關的邏輯訓練遊戲。或將課程與學校其他課程結合，例如資優課綱中的獨立研究領域，即可發揮 Arduino 的特性。也可以和普通班的美術課程結合，利用美術課程的作品進行改良與創作。

表 6

學生於四個學習內容類型中出現錯誤的次數

階段	組別	演算法	程式設計	科技的應用	語法
總計	實驗組	17(1.9)	23(2.6)	20(2.2)	10(1.1)
	控制組	27(2.7)	22(2.2)	46(4.6)	15(1.5)
控制組／實驗組		1.42	0.84	2.1	1.36

註：括弧內為平均每人在該學習內容類型中出現的錯誤次數

2. 學習歷程的調整

根據研究結果可以發現，時間不足會造成學生難以完成範例以及評量題目，且根據學生完成學習課程和評量的時間可以發現落差極大，因此需提供對於個別學生來說充足的學習時間，必要時讓學生將教材帶回家練習或是提供線上模擬器，如：tinkercad 等資源，確保學生能夠跟上進度不致落後。也可以藉由提供影片或網站等資源，增加學習歷程的多樣性，並減少講述和示範的比重，提供學生更多自主學習和思考的機會，教師則從旁協助學生學習，以因應學生各自的需求和問題。

3. 學習環境的調整

Arduino 的多樣性配合資優學生的學習風格和自主學習能力，可以讓學生依據自己的學習速度和目標進行學習，透過公開的預錄課程或教學網站的資源，使學生能夠彈性調整學習速度。且由於資優班師生比較低，容易針對個別化的需求進行指導和協助。資優班較為開放性的硬體環境，也讓學生能夠自由交換意見以及合作，提供學生完成目標作品的足夠支持。

（二）適合國小資優生的 Arduino 課程規劃與教材編製

根據研究結果和前述的調整策略，研究者認為在國小階段實施 Arduino IDE 的教學是可行的，但未必適合於每一位學生，因此將課程規劃為選修課程。以下分成學生先備能力培養、Arduino 課程規劃、Arduino 課程進行三個部分敘述。

1. 學生先備能力培養

規劃 microbit 的課程，讓學生了解基本的電子電路和熟悉演算法的相關概念，培養學生的問題解決策略和流程，同時融合 3D 列印和創造思考技法，做為整體評量的目標。

2. Arduino 課程規劃

根據研究結果重新設計而成的初、中、高三階段課程內容如附錄一，每一階段規劃 17 節，且須完成前一個階段課程才進入下一階段，供有意願實施相關課程的老師參考。初階課程避免複雜的演算法和變數計算，增加科技的應用比重，利用大量實作熟悉電子零件避免插錯腳位的問題。中階課程以判別式作為課程核心，選擇使用光敏電阻和可變電阻操作伺服馬達。高階課程中實際帶入變數計算，操作溫溼度感應器、搖桿和繼電器，讓學生將 Arduino 的功能運用到生活中。

為了培養學生實際運用 Arduino 的習慣，將每一階段的課程都與其他領域的課程連結和合作。以和美勞課合作為例，每學期和美勞課的教師討論課程搭配以及時間的安排，設立可行的課程目標。

3. Arduino 課程進行

根據 Jamieson 與 Herdtner (2015) 對資訊工程大學生的課程設計和評量方式，考量學生的基礎能力和背景知識差異，開放學生模仿或直接引用各種函式庫和程式範例，但必須進行較為複雜的設計，並根據實際的需求修改各項功能和設計。例如：在課程中僅教導控制兩個 LED 燈，但是成品的要求卻必須至少能控制三個 LED 燈等方式為目標。

伍、結論與建議

一、結論

本研究著重在視覺化程式語言的學習經驗對資優學生學習 Arduino 的學習成效之影響，並根據研究結果編擬適合國小資優兒童的系列教材以及相關建議。

（一）有無視覺化程式語言學習經驗的學生於學習 Arduino 的形成性評量和總結性評量的結果並沒有顯著差異

實驗組和控制組的學生在形成性評量和總結性評量的結果顯示，每次評量的學習表現並沒有顯著差異，且加總八次的評量結果亦沒有達到統計上的顯著差異。比較兩組學生之間的得分一致性，得出兩組的學生彼此之間分數的變異情形相差不大。

（二）國小資優學生在學習操作 Arduino 時，有無視覺化程式語言學習經驗的學生容易遇到的問題並不相同

雖然比較兩組學生的總得分並沒有明顯差異，但是比較每個評量指標的得分，會發現實驗組在演算法、科技的應用、語法方面表現較佳。除此之外，越到後面的階段語法錯誤的情形兩組都明顯的降低許多。控制組在演算法中，比較常出現的是明確性錯誤，特別是判別式的條件敘述錯誤率相當高，同時控制組對於將感應器回傳的量化數值也較難以理解其意義；在程式設計部分，控制組則較容易出現沒有設定腳位功能的錯誤；實驗組則是對於使用序列埠顯示回傳數值有明顯困難；語法和電子零件的錯誤情形有明顯下滑的趨勢，顯示後期語法和插錯腳位的問題並不影響學生完成作品。

（三）國小資優學生學習 Arduino 的系列教材可以從內容、歷程和環境進行調整，相比研究設計的課程，減少重複的學習內容並強化演算法和科技的應用兩方面

從研究結果中，可以發現實驗組和控制組的學生錯誤類型並不完全相同，具有視覺化程式語言學習經驗的實驗組學生，在演算法和科技的應用表現較佳，因此若時間允許的話，可考慮先進行視覺化程式語言的課程。系列教材調整注意以下幾點：在學習內容方面建議加深基本電學的概念、重複檢查腳位是否插錯、培養判別式條件的敘述、將周遭環境量化敘述的能力；學習歷程方面則延長學習時間、提供學生自由學習的機會、彈性的學習進度、結合其他思考技法的課程安排，亦可讓學生將作品應用在跨領域實作課程，例如與美勞課的作品結合；學習環境則提供有回應的環境，讓學生能夠依照自己的特質調整學習速度，且教師能適時的提供協助和回饋。

二、建議

依據本研究的研究結果與討論，對未來有意願在資優班施行 Arduino 教學的資優班教師以及從事相關研究的研究者有以下兩點建議：

（一）對未來有意願在資優班實行 Arduino 教學的資優班教師之建議

需審慎思考規劃類似課程的目的性以及整體資優班的願景和特色，避免流於單純知識和技能的教導，且應該重視學生未來應用以及自學的可能性和發展性。特別是因為國小資優班屬於一般智能資優班而非專長領域資優班，若僅是為了讓學生接觸相關的課程而忽略了全人發展，忽視學生的興趣以及目標，對學生的學習與發展來說相當可惜。

授課教師最重要的是具備能夠除錯的能力。因為造成無法完成作品的可能性極多，除了最基本的接線或是程式錯誤外，電子元件損毀和系統錯誤的情形也有可能發生，協助學生修正作品所花費的時間遠比想像中多。

（二）對未來從事相關研究的建議

由於本研究之內容並非單一系所的內容，因此需要研究者在兩個領域都有一定程度的涉獵。建議未來的研究者在選擇類似的主題或有跨領域的研究需求時，針對自己的本職學能加以培養或是修習相關的課程，對跨領域常使用的研究方法和題目有更多涉獵。在研究時程規劃方面，建議延長評量時間，確保每一位學生有充分的時間可以完成作品，而不至於無法正確評量學生學習的情形出現。另外由於本研究樣本較少，使統計上的限制較多，因此建議於許可的情況下增加樣本數量，使研究結果更具代表性。

參考文獻

十二年國民基本教育課程綱要－國民中學暨普通型高級中等學校－科技領域（2018）。中華民國一零七年九月二十日教育部臺教授國部字第 1070098527B 號令訂定。

王振德（1985）。電腦與資優教育。**資優教育季刊，16**，36-41。

吳嘉峰（2013）。國小高年級資優學生電腦化科技應用問題解決測驗鑑定工具之編製。**特教園丁，29**(1)，55-70。

宋明君（1995）。科學資優學生所需之科技教育。**資優教育季刊，57**，16-20。

李俊榮（2010）。**運用不同教學模式於電腦樂高課程對資優學生問題解決能力與學習動機之影響**

（未出版之碩士論文）。國立屏東教育大學，屏東。

李隆誠、吳東諺、陳振明（2001）。資優教育課程設計之新資源——開放式課程之介紹。**雲嘉特教，11**，71-77。 doi: 10.6473/YCTCCK.201005.0071

林信良（2015）。**用 mblock 玩 Arduino Starting from Scratch**。臺北：碁峰資訊。

林業盈（2015）。應用樂高機器人發展資優教育方案之教學實例分析與探討。**資優教育季刊，137**，33-44。 doi: 10.6218/GEQ.2015.137.33-44

張秉翰（2011）。**國小四年級資優學生學習 LOGO 程式設計課程之可行性研究——以「LOGO 打字機」教材為例**（未出版之碩士論文）。國立屏東教育大學，屏東。

陳彤宣（2011）。**專題式程式設計教學對國小學童問題解決歷程之研究**（未出版之碩士論文）。國立臺北教育大學，臺北。 doi: 10.6344/NTUE.2011.00338

趙英傑（2016）。**超圖解 Arduino 互動設計入門**。臺北：旗標。

蔡典謨（2018）。資賦優異學生課程調整參考手冊。載於教育部國民及學前教育署（主編），**十二年國民基本教育課程綱要資賦優異課程前導學校協作計畫工作坊手冊（118-129）**。臺北：教育部國民及學前教育署。

臺北市科技領域國小資訊科技課程教學綱要（2018）。中華民國一零七年八月十六日北市教資字第 1076032474 號函修正。

Bau, D., Gary, J., Kelleher, C., Sheldon, J., & Turbak, F. (2017). Learnable programming: Blocks and beyond. *Communications of the ACM, 60*, 72-80. doi: 10.1145/3015455

Brusilovsky, P., Calabrese, E., Hvorecky, J., Kouchnirenko, A., & Miller, P. (1997). Mini-languages: A way to learn programming principles. *Education and Information Technologies, 2*(1), 65-82. doi: 10.1023/A:1018636507883

Felleisen, M., Findler, R. B., Flatt, M., & Krishnamurthi, S. (2004) The teachscheme! Project: Computing and programming for every student. *Computer Science Education, 14*(1), 55-77. doi: 10.1076/csed.14.1.55.23499

Jamieson, P., & Herdtner, J. (2015). More missing the boat - Arduino, raspberry pi, and small prototyping boards and engineering education needs them. In F. Hassan (Eds.), *Frontiers in Education 2015* (pp. 1442-1447). Symposium conducted at the meeting of IEEE, El Paso, TX. doi: 10.1109/FIE.2015.7344259

Shaunessy, E. (2007). Attitudes toward information technology of teachers of the gifted. *Gifted Child Quarterly, 51*(2), 119-135. doi: 10.1177/00169686207299470

Yakimov, P. (2016). An introductory embedded systems teaching using open-source hardware and software platforms. *Journal of Communication and Computer, 13*, 11-18. doi: 10.17265/1548-7709/2016.01.002

附錄一 國小資優班實施 Arduino 課程規劃表

節次	初階課程內容	中階課程內容	高階課程內容
1	1. 了解 Arduino 的功能和用途 2. 能將電腦和 Arduino 板連接 3. 養成自行收拾整理教室環境和使用器材的習慣	1. 了解感應器輸入輸出的概念 2. 認識各種感應器 3. 理解電子原件的訊號分成類比和數位兩種	1. 了解溫濕度感應器的功能 2. 了解如何辨認電子元件的型號 3. 能上網搜尋 Arduino 教學 4. 能用函式庫搜尋功能安裝函式庫
2	1. 了解電壓的單位以及電位的概念 2. 能辨認 LED 的正負極並使用 5V 腳位點亮 LED 3. 了解麵包板的構造和連線方式 4. 能透過麵包板點亮 LED 燈泡 5. 了解電阻 LED 要加上電阻	1. 認識光敏電阻的功能 2. 說明電流的概念以及不能直接從 5V 接回 GND 的原因 3. 連接光敏電阻 4. 了解資料的型態的意義 5. 運用變數儲存資料 6. 能運用 Arduino 讀取類比腳位的訊號	1. 完成溫濕度感應器的程式 2. 接上溫濕度感應器並顯示其輸出成果
3	1. 能利用高低電位讓燈泡閃爍 2. 能理解 Arduino 的基本函式	1. 理解序列埠輸出的用途 2. 設定序列埠輸出光敏電阻讀取的訊號 3. 能夠寫出判別式的虛擬碼	1. 利用等待功能每五秒紀錄一次溫度 2. 用五秒紀錄一次的結果計算一分鐘的平均溫度
4	利用等待功能讓 LED 閃爍	1. 了解判別式的意義 2. 能用數字代表外界的明亮程度 3. 用虛擬碼的方式設計小夜燈的功能	
5	1. 能接上兩個 LED 燈泡不會混淆 2. 能讓三個燈泡依續閃爍	1. 能清楚的分別輸入和輸出的電路 2. 能運用序列埠顯示修正判別式的條件敘述 3. 完成小夜燈作品	1. 利用溫濕度感應器點亮 0 至 2 顆 LED 2. 複習判別式的使用
6	1. 能夠理解 for 迴圈的敘述 2. 能利用 for 迴圈操作燈泡閃爍	1. 認識可變電阻 2. 能正確安裝可變電阻	1. 認識搖桿功能 2. 將遙桿和 Arduino 連結
7	1. 能利用 for 迴圈操作燈泡閃爍 2. 設計星空作品	1. 編寫可變電阻的程式 2. 利用可變電阻控制 LED 燈泡的數量	1. 能讀取遙桿的訊號 2. 利用麵包板解決腳位不足問題 3. 能利用搖桿控制伺服馬達

<table>
<tr><th>節次</th><th>初階課程內容</th><th>中階課程內容</th><th>高階課程內容</th></tr>
<tr><td>8</td><td rowspan="2">製作星空作品
備註：需與美勞課老師確認花燈單元製作時間，以免來不及在花燈做完前安裝線路</td><td rowspan="2">用可變電阻控制兩個 LED 燈</td><td>利用搖桿控制伺服馬達和 LED</td></tr>
<tr><td>9</td><td>1. 認識繼電器
2. 了解繼電器如何與 Arduino 連接
3. 連接繼電器與外接電源</td></tr>
<tr><td>10</td><td>1. 設計花燈作品
2. 了解手工具的使用安全注意事項
3. 操作簡單手工具
4. 了解使用銲槍的安全注意事項</td><td>1. 了解伺服馬達的功能
2. 接上伺服馬達
3. 了解函式庫的意義</td><td>1. 運用銲槍固定直流馬達的電線
2. 連接繼電器與直流馬達</td></tr>
<tr><td>11</td><td rowspan="2">1. 將 LED 與單芯線連接
2. 正確使用銲槍</td><td>能指定伺服馬達轉動的角度</td><td rowspan="2">利用光敏電阻感應控制風扇</td></tr>
<tr><td>12</td><td>能用判別式搭配可變電阻訊號控制伺服馬達</td></tr>
<tr><td>13</td><td rowspan="2">1. 能利用電工膠帶固定安裝電線
2. 測試所有的燈泡是否能正常運作並修正線路</td><td>1. 運用 map 函式進行換算
2. 運用可變電阻控制伺服馬達轉動的角度
3. 說明期末作品的目標
備註：如果學生不打算和美勞課的作品結合，仍然必須於下周提出自己的想法</td><td rowspan="5">1. 設計冰棒棍作品
2. 製做冰棒棍作品與修正
備註：須提醒學生保留足夠供空間安裝相關設備。須先完成硬體配置後再進行程式編輯</td></tr>
<tr><td>14</td><td rowspan="3">1. 說出自己的設計作品
2. 運用虛擬碼個別討論線路設計與功能
3. 動手設計與製作</td></tr>
<tr><td>15</td><td rowspan="2">1. 能依照自己想要的 LED 閃爍方式設計虛擬碼
2. 能依照虛擬碼設計編寫程式
3. 使用外接電源</td></tr>
<tr><td>16</td></tr>
<tr><td>17</td><td>將 Arduino 固定在底板上並測試</td><td>完成作品與修正</td></tr>
</table>