

# 程式設計教學教具與遊戲式學習活動之 設計與評估

## Design and Evaluation of Programming Teaching Tools and Game-based Learning Activities

<sup>1</sup>林友信      <sup>2</sup>趙伯堯

<sup>1</sup>Yu-Hsin, Lin      <sup>2</sup>Po-Yao, Chao

<sup>1</sup>元智大學資訊傳播學系

<sup>1</sup>Department of Information Communication  
Yuan Ze University

<sup>2</sup>元智大學資訊傳播學系

<sup>2</sup>Department of Information Communication  
Yuan Ze University

<sup>1</sup>s1046427@mail.yzu.edu.tw / a0989607003@gmail.com

### 摘要

隨著網際網路科技的發展，掌握、分析、運用科技的能力儼然成為現代國民應具備的基本素養，十二年國教將程式設計列入國中以上的必修課程，並預計於 108 學年度正式上路。學習程式設計，除了視覺化工具的輔助外，更必須融入學習活動中讓學習者親自操作、體驗，引發學習者的學習動機，而遊戲可以說是一個幫助初學者學習程式設計的有效途徑，但目前市面上的程式教育遊戲要使用於教學上仍有些不足。因此，希望能設計一個實體的教學工具及遊戲活動，透過遊戲活動與同儕合作，協助學生學習程式語言概念與問題解決技巧。

關鍵字：程式教學、視覺化工具、遊戲式學習、同儕學習、學習成效

### Abstract

In Taiwan, programming language be introduced as part of the subject in junior high school and will starting 2019. The Program Visualization tools is a useful way to learn programming, in addition, it must be added into the learning activities so that learners can operate and experience themselves and it can promote the learners' learning motivation. Games can be an effective way to help novice learn programming, but there are still some deficiencies in the use of programming teaching in the market currently. Therefore, it is hoped that we can design an actual teaching tools and game activities to help students learn the concept of programming language and problem-solving skills with collaborative and peer cooperation.

Keywords: programming teaching、Program Visualization tools、Game-base learning、Peer-Assisted Learning、Learning Effects

## 1. 前言

程式設計對於初學者來說，並非一門容易的課程，程式設計的過程包含程式規劃、理解、修改、除錯等多方面的技巧 (Rogalski & Samurcay, 1990)。以文字和口語教學的傳統課堂中，學生不僅在編寫的過程中容易因為打錯字而使程式碼出錯，也不易了解程式碼的意義。而程式碼抽象的演譯過程也使學生當程式不能運作時無法得知在甚麼地方出了問題 (Cooper, Dann, & Pausch, 2000)，此種複雜的過程也使得學習更為困難。

隨著視覺化研究的發展，一些視覺化的程式設計軟體已經成功地證明了，使用者可以在只有些許訓練的情況下創造出複雜的程式 (Halbert, 1984)。視覺化工具是一種描繪程式時執行狀態的方法，包含所有使用視覺化功能、圖形、動畫、攝影或是其他視覺化技術和互動方式來減輕使用者對電腦軟體理解的負擔 (Price、Baecker & Small, 1993)。程式的演譯透過視覺化，讓學習者看到原本只能憑想像的過程 (戴谷州, 2011)；圖像化且直觀操作的程式方塊更可以幫助使用者更專注於解決策略的發展 (Čisar et al., 2012)。

然而，單憑視覺化工具並不一定會提高學習效果，將視覺化工具結合學習任務、讓學習者參與到學習更具吸引力也更為重要 (Hundhausen et al., 2002)。遊戲如同一個開放式發展的情境，當中會面臨許多變數，參與者的目標便是在規則下解決情境中所浮現的議題、威脅或問題，並去體驗他們做出的決定會產生的結果 (Gredler, 2004)，可以說是一個適合幫助學習者發展內在動機、合作技巧、學習和整合新概念的方式 (Colella, 2000)。遊戲式學習即為整合教學內容和遊戲特色的學習活動 (Garris et al., 2002)，學習者通過遊戲中的學習任務來獲取並學習知識，在遊玩的過程建立與培養應用的技巧 (McFarlane、Sparrowhawk & Heald, 2002)。由於近年來實體遊戲的興起，將圖板和卡牌應用於遊戲式學習的亦成為了一種選項。這是因為實體的教學工具有著提供真實情境、可操作、可觸摸的優點 (張世明, 2006)。

「同儕學習」是一種由屬於同一社會群體且擁有相同年齡、發展水平或行為複雜度上相等或相近的學習者，在如教室環境的空間下由同儕自行組成一個小組，在這樣的一個空間裡面學習、互相協助。同儕間的互動方式、互動程度對於學習也具有一定的影響力。Vygotsky 認為，同儕的互動中充滿了寶貴的資訊和技巧交流，通過與其他處於相近發展水平、不同行為風格和觀點的人相處來調整他們的認知 (Rohrbeck et al., 2003)。

目前市面上關於程式教育的桌上遊戲有：海霸 (King of Pirates)、雙錫機器人 (Twin Tin Bots)、機器烏龜 (Robot Turtles)、代碼猴島 (Code Monkey Island)、無敵闖關王 (Code Master) 等適用於初學者學習的遊戲，學習的目標著重於程式設計的邏輯思維 (順序、迴圈、集合、條件判斷)。但是，可以從這些遊戲中發現幾個特點：(1) 走一步算一步的遊戲方式，與問題分解的理念相反。(2) 卡牌的使用限制，無法促進除錯技巧的學習。(3) 缺少變數的使用。(4) 遊戲進行的時間長，若學生人數多，應用於教學時可能難顧及每組的狀況。(5) 缺少有程式邏輯基礎的指導者帶領，學習者可能會對條件判斷等概念產生誤解。此外，遊戲模式多屬於單人組隊的小組競爭，因此在面對同儕(對手)的詢問和請教時可能會吝於指導。

因此，希望能設計一個實體的教學工具及遊戲活動，透過遊戲活動與同儕合作，協助學生學習程式語言概念與問題解決技巧。透過遊戲、競爭激起學生的學習動機，經由同儕合作間的互動、說明幫助彼此對於程式概念的理解。實體教學工具則是讓抽象程式語言的概念與運作流程可被具體觀察與操作。

## 2. 文獻回顧

### 2.1 程式語問題解決

Linn (1985) 認為，程式設計即是一種問題解決的形式，且撰寫程式需要擁有問題解決能力。由於程式是由一小組一小組的指令結合運作的，程式設計者必須將複雜的問題分解成子問題，並且產生一組指令去依序解決子問題。而 Čisar 等人 (2012) 指出，學習程式設計需要擁有問題解決的能力，並且能夠創建解抽象的解決方案，爾後才以程式碼的形式寫下解決方案(Čisar et al., 2012)。但是研究發現，許多初學者在課程結束之後依然缺少程式設計與問題解決的能力(de Raadt, 2007)，原因在於以往的課程大多是教導程式語法為主(Pears et al., 2007)，但學生往往會因語法和其他無意義的細節而分散注意力，而使得學生對更基本的程式結構（例如條件，迴圈，變數等）以及邏輯本身造成偏差(Malan & Leitner, 2007)。

### 2.2 程式視覺化工具

在教育中，視覺化常被當作傳達複雜或大量訊息的方式，更是解決問題的重要工具之一，當問題轉化成視覺便可以容易地找到解決方法(Rieber, 1994)，然而課堂上大部分教師傾向於文字、口頭進行教學(Cardellini, 2002)，又程式設計的過程包含程式規劃、理解、修改、除錯等多方面的技巧(Rogalski & Samurcay, 1990)，而程式碼抽象的編譯過程也使學生當程式不能運作時無法得知在甚麼地方出了問題(Cooper, Dann, & Pausch, 2000)，此種複雜的過程也使得學習更為困難，也因此對於初學者而言一直被認為是相當枯燥且乏味的課程。Scanlan 指出，學生透過流程圖可以更順利理解演算法的運作(Čisar et al., 2012)，加上一些視覺化的程式設計軟體已經成功地證明了，使用者可以在只有些許訓練的情況下創造出複雜的程式(Halbert, 1984)。

### 2.3 遊戲式學習

近年來，遊戲式學習(Game-Based Learning)成為一種熱門的教學策略，遊戲式學習(Game-Based Learning)便是將學習者對遊戲的內在動機與學習內容和遊戲的特色結合，並以此來策劃活動及任務的進行方式(Papastergiou, 2009)。遊戲中的挑戰、奇幻、競爭/合作、目標和規則等特色吸引、刺激他們參與在其中(Facer, 2003; Kirriemuir & McFarlane, 2004)。學習者通過遊戲中的學習任務來獲取並學習知識，知識應用技巧的建立與培養更是來自遊玩的過程(McFarlane, Sparrowhawk & Heald, 2002)。Garris 等人(2002)亦提到，遊戲式學習即為整合教學內容和遊戲特色的學習活動，學習者在活動中重複遊玩和練習，藉此來學習特定目標。可以透過「桌上遊戲」、「數位遊戲」和「實體遊戲」等方式，讓學習者產生動機，在遊戲過程中尋找問題並解決，從而在遊戲中獲取學習知識(侯惠澤, 2016)。

### 2.4 同儕學習

同儕學習(Peer-Assisted Learning)則是源於同儕教導(Peer tutoring)的概念，由學生組成學習小組，彼此學習、協助與討論，重視同儕間的互動。在同儕學習中，同儕是在平等互惠的情形下

主動求取知識，既可以作為指導者，也可以作為學習者 (Boud et al., 1999)。用一套動態的、結構性的、有效的以及彈性的模式去進行教學及學習，讓指導者及學習者都能從中進步(呂敏慧, 2007)。Ehly & Larsen (1980)的研究指出同儕的交流會影響教學成功與否的品質，若兩者間的溝通關係良好、暢通，則教學成效良好；反之，則教學成功機會大減。劉正吉 (2011)在研究中發現，程度相差不大的學童在撰寫程式碼時會出現相互指導的狀況，通常為口頭說明，或在代為操作的過程中伴隨著說明；然而當程度懸殊時，則有直接幫對方操作、不多做說明的情況發生。

## 2.5 程式學習之實體遊戲

### 2.5.1 海霸 (King of Pirates)

海霸(King of Pirates)遊戲為 2016 年臺灣程式老爹團隊所設計的兒童遊戲，遊戲過程趣味益智。以中世紀海盜爭奪寶藏作為故事背景，搭配程式教育的核心：順序性(執行的先後順序)、條件性(遇到不同條件時所引發的各種事件)、迴圈性(重複執行的程式概念)，在遊戲過程寓教於樂，讓玩家們能自然而然地學會程式設計的核心概念。雙方玩家透過抽牌、打牌及棄牌等行動，想辦法將自家的海盜船突破重重障礙，順利的抵達對方玩家埋藏的黃金寶藏地點。當有一方玩家隊伍率先將船航行至對方玩家隊伍的黃金寶藏板塊上時，遊戲即告結束，並由該方玩家隊伍成為遊戲贏家。

### 2.5.2 機器烏龜 (Robot Turtles)

機器烏龜是以烏龜爭奪寶石圍遊戲背景，搭配程式教育的核心：順序、除錯、建立函數，在遊戲過程寓教於樂，讓玩家們能自然而然地學會程式設計的核心概念。透過 Turtle Master 和 Turtle mover 的合作，使用前進、左轉、右轉、雷射光四種指令卡，迅速通過其他玩家設下的障礙，奪得己方的寶石。而在遊戲之中，裁判不僅要扮演出題者的角色，也要執行電腦的任務，也就是幫玩家找出程式的臭蟲(bug)啦！

## 3. 系統設計

將視覺化結合遊戲式學習並透過實體化的方式設計出以程式設計問題解決為主題之遊戲，一場競賽中有 2 組小隊參加，在活動中分析對手的配置，再使用視覺化的程式碼方塊完成遊戲主持人設定的任務。活動提供接觸到一系列關於程式設計概念與問題解決的技能，讓玩家可以體驗、理解。而每位玩家有著自己所屬的角色，必須對角色的任務和所需知識有所了解，才能在活動中發揮。隨著比賽的進行以及獲勝的慾望，刺激玩家將所學的知識加以整合、建立、應用來創造致勝的機會。希望藉由可讓程式語言概念與運作流程可被具體觀察與操作的實體教具與同儕合作的遊戲活動，協助學習程式語言概念與問題解決技巧。

### 3.1 配件展示

大部分的遊戲配件黏有雙面磁鐵，因此可以輕鬆地疊在其他配件的上面或下面，如同 Scratch 的積木堆疊方式。另外可以使用白板筆或擦擦筆在場地和空白配件上書寫。圖 1 為一組，一套有兩組的配件以供兩隊使用。



圖 1 配件展示

①場地：布置時所使用的 8 X 8 格數場地。②場地元素：依據任務卡組合的內容，布置於場上的元素。③指令卡：讓機器人行動的卡牌，不同的排列會有不同的效果。④規定卡：為了讓指令卡的使用更明確，因此會在指令卡的空格中加上一個或多個的規定卡。⑤運算區：放置記憶卡並執行運算的區域。⑥記憶卡：為了儲存運算類規定卡中的數值，能夠在運算區中使用。⑦組合區：組合任務的區域。⑧任務卡：組合任務時所使用，在任務卡的後方加上目標即為一項完整任務。⑨目標：放置於任務卡後方，代表此任務的目標。⑩標記容器：放置於任務卡的空格中，使任務更完整。⑪數字卡：提供變數的使用。

### 3.2 指令卡設計

指令卡以判斷(if / if...else)和迴圈(for)的使用作為學習目標亦是減少指令數量消耗的取勝關鍵，搭配前進(forward)、轉彎(turn)、撿取(pick up)、爆破(bomb)等不同的指令命令機器人在遊戲中移動。變數的使用可以讓玩家根據不同的情況進行調換以及建立變數的演算概念。實體的學習教材無法像是在電腦上一般將執行的結果以動畫的方式撥放，學習者必須親自操作，如此一來便可以審視實際的執行結果與自己的推測呈現的結果是否相同，並幫助學習者去發展更好的心智模型來進行抽象推理。

### 3.3 遊戲角色

包含兩組互相競爭的學生隊伍，以及一位有程式設計基礎之仲裁。學生隊伍以遊戲的目標來說，每個人都有不同的任務(規劃者、修正者和執行者)，必須要合作才能完成；以學習的目標來看則是為了讓每個人負責不同的階段，使學生在遊戲中不斷觀察、思考，進而熟悉流程、培養程式設計所需的能力。而負責仲裁肩負監控遊戲流程，提供即時回饋的任務。

### 3.4 任務與場地布置

以任務及場地的布置來引導學生學習問題的分解和程式流程概念，相同的任務，不同的布置，造就出不同的策略。教學者根據教學進度進來設計任務(圖 2)，並以此為教學範例，將遊戲物件配置於遊戲地圖中來說明使用的方法。對於學習者來說，在觀察完任務的初始配置後，根據地圖上遊戲物件的分布情形，將任務從大區塊分解成小區塊，並從中去尋找能夠完成任務的路徑(圖 3)。分析完畢後則以指令卡將抽象的路徑重現，也因為能夠完成任務的路徑不只一種，必須再經由測試、除錯的循環步驟來調整整體的指令卡。



圖 2 任務組合

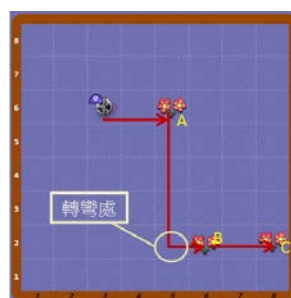


圖 3 配置分解

#### 4. 研究方法

##### 4.1 研究對象

實驗對象為桃園某大學資訊科系之設計組學生，設計組主要學科著重於藝術設計、數位影像、電腦繪圖、電子商務。參與對象為 4 女 2 男共 6 名且未接觸過程式設計的受測者，進行初步測試。以隨機分組的方式將 6 位受測者分成兩組進行遊戲，遊戲一共進行 3 輪，為的是讓受測者都有擔任過不同的角色。

##### 4.2 實驗方法及工具

遊戲進行前先行解說遊戲主題和說明遊戲的流程和規則，讓受測者有了初步瞭解後便進行活動分組；在遊戲進行中，透過架設的兩台攝影機分別記錄兩組受測者操作遊戲的活動狀況並從記錄中整理分析出遊戲需修正之處。結束遊戲後再以制定的訪談問題(表 1)對受測者個別訪談，取得更深入的資訊了解對於程式設計問題解決遊戲的意見、看法和建議之回饋感受。

表 1 活動訪談題目

訪談內容	目的
請問你覺得這樣的遊戲能吸引你嗎？遊戲的哪一部分吸引你？	了解遊戲是否吸引受測者，吸引的原因何在。
請問你對於遊戲配件(如指令卡、規定卡、數字卡等)的使用有什麼建議嗎？	了解遊戲配件設計對於受測者在遊玩時的影響。
請問你覺得遊戲的遊玩方式容易嗎？過程中有遇到甚麼問題？	了解受測者對遊戲遊玩方式的負荷程度。
請問遊戲說明書中的指令卡說明和範例有幫助到你嗎？	了解遊戲中的提示設計對受測者是否有用。
能夠請你簡單說明一下判斷(if)和迴圈(for)的功能嗎？	了解受測者能否學習到遊戲中蘊含的知識。

##### 4.3 訪談結果

從訪談中可以發現，受測者受到程式設計問題解決遊戲的吸引，第一印象是可以出題目讓對方解題和三人組的小隊，開始遊玩前會對遊戲的玩法進行猜測以及提問，但是也有擔心自己能力不足而拖累小隊的情況。在場地布置與計算指令上限部分，受測者表示無法理解為什麼要計算指

令上限數，直到遊戲主持人以範例說明指令上限數與遊戲勝負的關係才明白。在編排指令卡時發現受測者有時會將指令卡與規定卡混淆，受測者表示因為指令卡與規定卡雖然有字母大小寫的分別，但顏色相同的關係會拿錯相同拼字的卡牌；另外，受測者亦表示指令卡因磁力黏住不容易拿取。遊戲說明書部分，受測者表示雖然指令卡看起來不少又是英文寫的，但是其實很多跟任務卡上的任務一樣，而不知道的指令只要看說明書就好，所以不會太擔心。就整體的遊戲過程來說，受測者們認為不會太難，除了在指令卡上限的計算要比較小心和謹慎，而再深入詢問是否有玩過類似的遊戲時則有兩位受測者回答「海霸」。最後，考驗受測者對於判斷(if)和迴圈(for)的功能說明時，雖然可以說明並舉出自己使用過的使用方式，但從中發現受測者的舉例多為直線前進、後退或是連續撿起等，這種情況或許可以推斷是因為在對方小組設計的場地中並沒有能夠讓受測者使用較為複雜方式來解題的情況。

## 5. 結論

透過本研究可以初步評估，程式設計問題解決遊戲之設計具有吸引力，遊戲的組隊機制和互相出題、解題的遊戲方式勾起了遊玩的興趣，並且可以透過閱讀說明書來達到對指令卡的瞭解。雖然可以透過遊戲來學習判斷(if)和迴圈(for)的概念，但是會根據對手所布置的場地而有影響。除了遊戲配件與流程的設計對於遊戲性的影像外，更該注重於任務與場地的布置。

## 6. 參考文獻

- [1] 用愛陪小孩， <http://www.steamparents.com/robot-turtles-instructions/>，2016。
- [2] 侯惠澤（著）。遊戲式學習。臺北：親子天下，2016。
- [3] 張世明，萬用揭示板的開發與教學應用之研究，國立交通大學，2006。
- [4] 戴谷州，視覺化工具融入程式語言教學對初學者學習成效與學習態度之探討，國立臺灣師範大學，2011。
- [5] Boud, D., Cohen, R. & Sampson, J. Peer learning and assessment, *Assessment and Evaluation in Higher Education*, 24(4), 413–426, 1999.
- [6] Čisar, S. M., Radosav, D., Pinter, R., & Čisar, P. Visual programming environments for teaching object-oriented programming. *A Journal for Information Technology, Education Development and Teaching Methods of Technical and Natural Sciences*, 2(1), 80-87, 2012.
- [7] Cooper, S., Dann, W., & Pausch, R. Alice: A 3-D tool for introductory programming concepts. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, 15(5), 107-116, 2000.
- [8] Colella, V. Participatory simulations: Building collaborative understanding through immersive dynamic modeling. *The journal of the Learning Sciences*, 9(4), 471–500, 2000.
- [9] Daniel C. Halbert. Programming by Example. PhD Thesis. Computer Science Division, Dept. of EE&CS, University of California, Berkeley. 1984. Also: Xerox Office Systems Division, Systems Development Department, TR OSD-T8402, December, 1984.
- [10] de Raadt, M. A review of Australasian investigations into problem solving and the novice programmer. *Computer Science Education*, 17, 201-213, 2007.

- [11] Ehly, S. W. & Larsen, S. C. Peer tutoring for individualized instruction. Boston: Allyn and Bacon, Inc, 1980.
- [12] Facer, K. Computer games and learning. [http://www.futurelab.org.uk/resources/documents/discussion\\_papers/Computer\\_Games\\_and\\_Learning\\_discpaper.pdf](http://www.futurelab.org.uk/resources/documents/discussion_papers/Computer_Games_and_Learning_discpaper.pdf) [last access: 27/08/2007], 2003.
- [13] Garris, Ahlers, & Driskell. Games, motivation, and learning: A research and practice model. *Simulation & Gaming*, 33(4), 441-467, 2002.
- [14] Gredler, M. E. Games and simulations and their relationships to learning. *Handbook of research on educational communications and technology*, 2, 571-581, 2004.
- [15] Hundhausen, C. D., Farley, S. F., & Brown, J. L. Can direct manipulation lower the barriers to computer programming and promote transfer of training? An experimental study. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 16(3), 13:1-13:40, 2009.
- [16] Janine Rogalski & Renan Samurçay, Acquisition of programming knowledge and skills. In J.-M. Hoc, T. R. G. Green, R. Samurçay & D. J. Gilmore (Eds.), *Psychology of Programming* (pp. 157-174). London: Academic Press, 1990.
- [17] Kirriemuir, J., & McFarlane, A. Literature review in games and learning. A Graduate School of Education, University of Bristol: Futurelab. published by. <http://www.futurelab.org.uk>, 2004.
- [18] Linn, M. C. The cognitive consequences of programming instruction in classrooms. *Educational Researcher*, 14(5), 14-29, 1985.
- [19] McFarlane, A., Sparrowhawk, A., & Heald, Y. Report on the educational use of games: An exploration by TEEM of the contribution which games can make to the education process, 2002.
- [20] Malan, D. J., & Leitner, H. H. Scratch for budding computer scientists. *ACM SIGCSE Bulletin*, 39(1), 223-227, 2007.
- [21] PapaCode : <http://www.papacode.com.tw/>
- [22] Pears, A., Seidman, S., Malmi, L., Mannila, L., Adams, E., Bennedsen, J., Devlin, M., Paterson, J., Devlin, M., & Paterson, J. A survey of literature on the teaching of introductory programming. *ACM SIGCSE Bulletin*, 39, 204-223, 2007.
- [23] Price, B. A., Baecker, R. M., Small, I. S., A Principled Taxonomy of Software Visualization. *Journal of Visual Languages & Computing* 4 (3), 211-266, 1993.
- [24] Papastergiou, M. Exploring the potential of computer and video games for health and physical education: A literature review. *Computers and Education*, 53(3), 603-622, 2009.
- [25] Rohrbeck, C. A., Ginsburg-Block, M. D., Fantuzzo, J. W., & Miller, T. R. Peer-assisted learning interventions with elementary school students : A meta-analytic review . , *Journal of Educational Psychology*, 95, 240-257, 2003.
- [26] Rieber, L. P. *Visualization as an aid to problem-solving: Examples from history*. Proceedings of Selected Research and Development Presentations at the 1994 National Convention of the Association for Educational Communications and Technology, 1994.



- [27] STEM/科學玩具/小孩學程式與教養(2014)： <http://pcschoolchild.blogspot.tw/2014/12/robot-turtles.html>
- [28] 呂敏慧(2007)。運用同儕協助學習策略於國小三年級學童閱讀理解能力之研究-以兒童 班級讀書會為例。台北市立教育大學。
- [29] 劉正吉(2011)，以 Scratch 同儕程式設計提升學童問題解決能力之探究，國立新竹教育大學
- [30] 怪 e 紅 傑 克 (2017)： <http://mj9981168.pixnet.net/blog/post/221568745-%E6%B5%B7%E9%9C%B8%28king-of-pirates%29>

