

遊戲式學習程式設計陣列技術之學習成效及行為分析

Learning Effectiveness and Sequence Behavioral Analysis of Game-Based Learning on Array Techniques in Programming

孔崇旭, 李柏勸*, 郭家豪, 林峻劭, 陳佩予

臺灣臺中教育大學 資訊工程學系

*waisun1021@gmail.com

【摘要】 本研究旨在探討以遊戲式學習輔助 C 語言陣列技術教學，並分析學生學習成效與學習行為。研究以本實驗室先前開發之 RPG 遊戲式教學系統為主軸，藉由情境化與互動式的遊戲設計，引導學生在遊戲過程中理解 C 語言陣列課程之核心概念，並透過系統紀錄之歷程資料進行行為分析。本研究採實驗組與對照組設計，比較使用 RPG 遊戲式教學系統與一般複習教材在陣列單元教學之成效差異。研究結果顯示，相較於一般複習教材組，實驗組學生之學習成效顯著較佳，證實遊戲式學習於程式教育中具實際應用與推廣價值。

【關鍵字】 遊戲式學習；C 語言陣列；行為分析；RPG Maker；學習成效

Abstract: This study explores the integration of game-based learning into C language array instruction and analyzes its impact on student learning behaviors and outcomes. Utilizing a previously developed RPG instructional system, the research guides students through core concepts via contextualized and interactive gameplay, while analyzing behavioral patterns through system-recorded log data. An experimental design was employed to compare the effectiveness of the RPG system against traditional review materials for the array module. The results demonstrate that students using the game-based platform achieved significantly higher learning outcomes than those in the control group. These findings confirm the practical value of game-based learning in programming education and support its broader implementation as an effective pedagogical tool.

Keywords: Game-based Learning, C Language Array, Behavioral Analysis, RPG Maker, Learning Outcomes

1. 前言

隨著資訊科技快速發展，程式設計已成為許多大學生的核心基礎課程。然而，程式設計需要正確理解高度抽象的概念，這些概念缺乏日常生活的現象可供比擬，導致初學者在學習時常面臨極大的認知困難(Lahtinen et al., 2005)。近年遊戲式學習備受重視，能透過互動情境提升動機並降低焦慮(Adipat et al., 2021)；結合行為分析，教師更可透過歷程資料調整策略(Yang, 2018)。至此，本研究整合 C 語言陣列教學與行為分析，運用本實驗室開發之 RPG 遊戲式系統，以情境設計引導核心概念，並透過實驗驗證其成效，以期望提升學生程式能力，證實遊戲式學習的應用價值。

2. 相關研究

Wang 等人提出以遊戲式學習內容設計框架對應布魯姆認知歷程，證實框架能有效支援學習目標與認知歷程的系統化設計(Wang et al., 2011)。框架不僅是提升開發效率的技術工具，更是連結教學目標、學習歷程與遊戲設計的重要基礎，對教育導向遊戲的發展具有關鍵影響。在此基礎上，遊戲式學習(Game-Based Learning, GBL)展現了顯著的教學成效；Adipat 等人指出其幻想情境與「無失敗」機制能有效激發興趣並培養成長型思維(Adipat et al., 2021)，Velásquez 等人亦證實嚴肅遊戲有助於提升學生的運算思維、自我管理與問題解決能力(Velásquez et al., 2024)。為了深入剖析此學習歷程，行為分析提供了重要的評估途徑，透過先行事件、行為與結果(ABC)架構，相關研究證實結合遊戲環境與行為分析技術，不僅能有效評估學習行為，無論應用於一般教育現場(Kanak-Kanak, 2015; Yang, 2018)或特殊需求領域(da Silva Freitas et al., 2024; Epifânio & da Silva, 2023)，皆在改善行為與提升學習成效上具備高度實用價值。

3. 研究目標與方法

研究採實驗組與對照組設計，比較使用 RPG 遊戲式教學系統與傳統複習教材於 C 語言程式設計陣列單元學習成效上差異，透過分析與統計方法加以驗證；本研究之研究對象為臺灣中部某大學資訊工程學系修習「程式設計」課程之學生，共計 80 名，整體研究之實驗架構如(圖 2)所示，並據此進行後續說明。

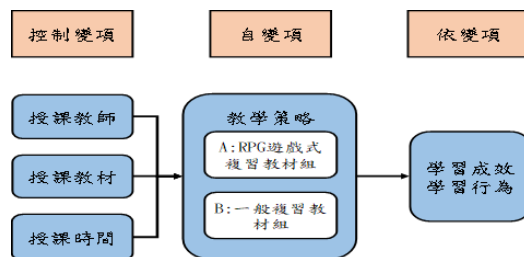


圖 2 實驗架構圖

本研究以「教學策略」為自變項，將其區分為「RPG 遊戲式複習教材組」與「一般複習教材組」。依變項則包含學生的「學習成效」與「學習行為」兩大面向。最後，藉由維持兩組教學內容與時數的一致，以最小化其他外在因素的干擾。

3.1. 研究流程

- (1). 一般上課：依據學期課程規劃，教授 C 語言陣列技術課程。於單元授課結束後之期中考分數作為前測數據。
- (2). 分組：依據前測(期中考)成績結果進行 S 型分組，分成實驗組及對照組。
- (3). 教學實驗(為期 4 週)：實驗組使用「RPG 遊戲式教學系統」，對照組使用「一般複習教材」，進行陣列技術學習。於實驗結束後之期末考成績作為後測數據。
- (4). 數據分析：依據後測(期末考)成績及系統操作紀錄實施統計分析。

3.2. 研究工具

研究使用本實驗室先前開發之 RPG 遊戲式教學系統，該系統採用模組化架構設計，共包含十項核心模組。系統以「RPG Maker 管理模組」為基礎，負責地圖場景與關卡視覺設計，其餘功能則透過自主開發的九大模組進行擴充。在教學與評量方面，「課程內容模組」與「練習測驗模組」提供觀念引導及多元題型；其中，「實作評分模組」串接後端伺服器，具備 C 語言自動編譯與測試數據比對功能，而「互動操作評分模組」則能視覺化追蹤學生的解題邏輯。所有學習數據均即時回傳至「成績分析」與「分數管理模組」，除提供排行榜以激發學習動機外，亦作為後續行為序列分析之依據。

此外，兩組前後測成績評分機制採本實驗先前開發之線上自動評分系統，其中兩組前測實施內容難易度皆相同，後測亦然；學生於測驗時上傳對應題目的答案程式碼，通過自定義的測資自動測驗學生程式碼的功能正確性，最終以測驗總分作為學生學習成效評量之依據。

3.3. 系統介面

系統頁面圖如(圖 3)(圖 4)所示，以下進行說明：

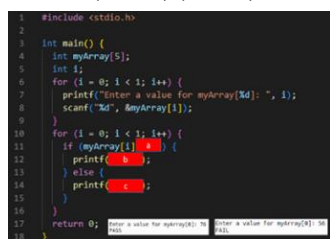


圖 3 填空題型



圖 4 程式題型

(圖 3)此題為程式填空，考核條件判斷邏輯。程式依輸入數值判斷及格(≥ 60)與否，學生須於遊戲地圖蒐集對應代碼碎片，以補全缺失的 if-else 判斷語法。(圖 4)此題結合陣列走訪與極

值搜尋。學生須依題目要求撰寫程式碼讀取五筆分數，透過比較找出當中的最高分，並依據該最大值判斷區間，輸出對應的成績等級。

4. 實驗結果分析

為了探討「RPG 遊戲式教學系統」在學習 C 語言陣列課程中的學習成效，本研究採用獨立樣本 t 檢定(Independent Samples t-test)針對實驗組與對照組(樣本數：80 人；有效樣本：78 人)之前後測成績進行比較分析，其中實驗組與對照組學生有 2 人未參與後測，故移除 2 個無效樣本。

為了確保實驗結果的準確性，本研究首先針對兩組學生的前測成績進行分析，以確認分組的同質性；隨後於實驗結束後進行後測，評估兩組在「所有題目總分」與「陣列題目分數」上的差異。本研究採用獨立樣本 t 檢定(Independent Samples t-test)進行數據分析。以下為詳細的結果分析：

4.1. 獨立樣本 t 檢定分析

本研究首先驗證分組同質性，前測數據經變異數同質性檢定後，顯示兩組在陣列單元的表現上未達顯著($p=.34$)，確立了兩組於實驗前的程度相當(如表 21)。

表 21 前測成績之獨立樣本 t 檢定數據表

測驗項目	組別	個數	平均數	標準差	t	p
陣列 題目分數	實驗組	45	55.22	36.57	0.94	.34
	對照組	33	47.27	37.06		

進一步分析後測成績(表 22)，實驗組在陣列題目的表現顯著優於對照組($p=.002$)。此結果證實「RPG 遊戲式教學系統」能有效提升學生學習陣列單元的學習成效。

表 22 後測成績之獨立樣本 t 檢定數據表

測驗項目	組別	個數	平均數	標準差	t	p
陣列 題目分數	實驗組	45	31.55	34.30	2.24	.002
	對照組	33	15.45	26.70		

4.2. 系統行為差異分析

本研究為了深入剖析學生在「RPG 遊戲式教學系統」中進行陣列單元的學習歷程，利用本研究開發之系統中的「行為管理紀錄模組」全程記錄操作行為。其中「ssi (start search item)」代表開始尋寶；「sia (select item answer)」代表選擇道具答題；「vcp」代表進入檢視狀態；「bnc (backpack no change)」代表進入工具箱保留所有道具不交換；「ep」代表進入特定題目或任務節點；「vdi (view discard item)」代表檢到寶物回答後丟棄道具；而「vpp (view previous page)」與「vnp (view next page)」則代表學生在系統中進行回到上一頁與前往下一頁的前後翻閱。

為了找出學生操作系統的行為模式與顯著的事件，本研究使用滯後序列分析(Lag Analysis)觀察學生的行為變化，計算行為間的轉移機率與殘差值。根據期末上機考試的成績，本研究將學生分成高分組與低分組，分析兩組的行為差異，發現兩組在解題策略與認知狀態上存在顯著分野，如(圖 5)所示。

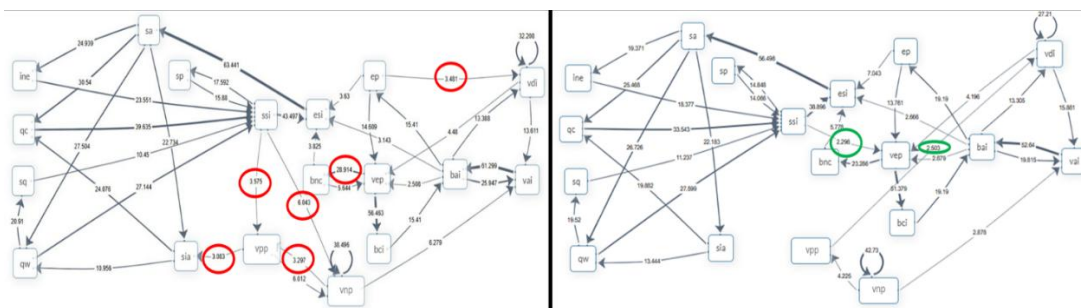


圖 5 高低分組事件轉移圖(左圖：高分組、右圖：低分組)

- 高分組(主動驗證): 與低分組相比, 高分組展現了六項顯著的相異行為序列, 分別為 (1)ep→vdi、(2)vep→bnc、(3)ssi→vnp、(4)ssi→vpp、(5)vpp→sia 與 (6)vpp→vnp, 這些序列共同構建出一種具備高度精確除錯的學習模式。不同於低分組線性的單向操作, 該組在「開始尋寶 (ssi)」或閱讀題目時, 頻繁出現「回到上一頁 (vpp)」(如 ssi→vpp 或 vnp→vpp) 的回溯動作, 並隨即銜接「選擇道具答題 (sia)」(即 vpp→sia)。此路徑顯示高分組學生並非依賴記憶或猜測作答, 而是習慣將「上一頁」視為知識支架, 在解題前主動回溯題目尋找線索與理論依據, 確立邏輯正確性後才進行作答。同時, 他們在「開始尋寶 (ssi)」後也會選擇「下一頁 (vnp)」進行預覽, 顯示其閱讀策略具有非線性的靈活性, 能透過前後翻閱來構建完整的知識架構。在資源控管方面, 該組常在「檢視後保留」(vep→bnc) 進行確認, 這代表一種「現狀評估」的心理歷程, 即學生進入背包確認當前持有的程式碼片段是否符合結構, 確認無誤後便保留不動; 而當他們進入節點發現邏輯錯誤時, 能立即執行「主動丟棄」(ep→vdi), 這種精準剔除不適用答案的行為, 顯示其具備清晰的邏輯判斷力, 能主動進行錯誤修復而非進行盲目嘗試。此種顯著差異凸顯了高分組學生能成功將系統提供的輔助內化為自我檢視策略, 他們並非被動回應遊戲機制, 而是能主動調控資源以驗證腦中的程式邏輯模型, 展現了「先思考後行動」的學習特質。
- 低分組(盲目試誤): 反觀低分組, 其與高分組有顯著不同的行為序列主要為 (1)ssi→vep 與 (2)vpp→vdi, 這些行為反映出學生在解題過程中, 傾向採取「盲目試錯」與「滯後修正」的被動模式, 缺乏對問題結構的整體規劃。不同於高分組的精準篩選, 該組常在「開始尋寶 (ssi)」後直接「進入檢視狀態 (vep)」, 顯示學生傾向將所有尋獲的資訊不加判斷地一律納入背包。這種「全部接受, 不經篩選」的策略反映出學生無法在獲取資訊的當下辨別其正確性, 導致背包內充斥無效答案, 增加了工作記憶的認知負荷。此外, 該組顯著出現「上一頁後丟棄」(vpp→vdi) 的路徑, 這通常發生在學生因背包滿載或解題失敗後, 才被迫回到教材的「上一頁 (vpp)」尋找依據, 隨後才執行丟棄動作。與高分組「預先判斷」不同, 低分組的修正行為具有明顯的「滯後性」, 顯示其對於程式碼運作缺乏理解能力, 僅能依賴遭遇挫折後的被動補救來修正錯誤, 屬於典型的試誤學習。這揭示了低分組學生尚未理解題目核心概念, 導致其行為缺乏高分組的「回顧與預判」機制, 僅停留在表層的任務推進, 將「行動」優先於「思考」, 使得學習歷程較不連貫, 難以在遊戲操作與抽象程式概念間建立有效的連結。

5. 結論與討論

本研究旨在探討「RPG 遊戲式教學系統」融入 C 語言陣列課程之學習成效與學習行為。研究結果證實, 實驗組在陣列單元的後測成績顯著優於對照組, 顯示將抽象嚴謹的程式語法轉化為情境化與互動式的遊戲闖關機制, 能有效輔助學生內化核心觀念並提升學習成效。在學習行為分析方面, 高低分組展現出截然不同的認知策略。高分組傾向採取「主動驗證」策略, 善於利用教材作為知識支架, 在解題前主動回溯尋找理論依據, 並具備精確剔除錯誤資訊的能力, 充分展現「先思考後行動」的特質; 反觀低分組則容易陷入「盲目試誤」的困境, 常不加篩選地接收資訊而導致認知負荷過重, 且高度依賴遭遇挫折後的滯後修正, 顯示其未能有效建立遊戲操作與抽象程式概念間的連結。儘管將「RPG 遊戲式教學系統」融入 C 語言陣列課程在本研究中可顯著提升學生學習成效, 但現階段系統仍缺乏即時的引導機制, 無法避免低分組學生陷入反覆試錯的行為迴圈。因此未來將規劃於系統導入鷹架功能, 當其偵測到學生出現連續盲目操作時, 將主動介入給予提示, 以協助學生跳脫試誤迴圈, 進而建立陣列單元的知識, 並理解抽象的程式邏輯。此外, 後續研究也可將此教學模式推廣至進階的程式單元, 並擴展受測樣本。

參考文獻

- Adipat, S., Laksana, K., Busayanon, K., Asawasowan, A., & Adipat, B. (2021). Engaging students in the learning process with game-based learning: The fundamental concepts. *International Journal of Technology in Education*, 4(3), 542-552.
- da Silva Freitas, É. V., Panceri, J. A. C., da Luz Schreider, S., de Oliveira Caldeira, E. M., & Bastos Filho, T. F. (2024). Cognitive Serious Games Dynamically Modulated as a Therapeutic Tool for Applied Behavior Analysis Therapy in Children with Autism Spectrum Disorder. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 19(5), 80-92.
- Epifânio, J. C., & da Silva, L. F. (2023). Embracing applied behavior analysis on a serious game design document model. *IEEE Access*, 11, 72070-72087.
- Kanak-Kanak, T. L. P. (2015). Effect of Game-Based Learning Activities on Children's Positive Learning and Prosocial Behaviours.
- Lahtinen, E., Ala-Mutka, K., & Järvinen, H.-M. (2005). A study of the difficulties of novice programmers. *Acm sigcse bulletin*, 37(3), 14-18.
- Velásquez, E. A. P., Paragarino, V. R., & Navarro, D. S. (2024). Developing learning skills through game-based learning in complex scenarios: A case in undergraduate logistics education. *JOTSE*, 14(1), 169-183.
- Wang, C.-S., Liu, C.-C., & Li, Y.-C. (2011). A game-based learning content design framework for the elementary school children education. The 16th North-East Asia Symposium on Nano, Information Technology and Reliability,
- Yang, K.-H. (2018). Learning behavior and achievement analysis of a digital game-based learning approach integrating mastery learning theory and different feedback models. In *Learning Analytics* (pp. 93-106). Routledge.