

# 平板融入國小圓面積情境式數位遊戲之教學內容設計與評估

翁詩茹<sup>1</sup> 楊叔卿<sup>2,\*</sup> 魏綺亭<sup>3</sup>

**摘要：**圓面積為國小數學幾何中具挑戰性的概念，本研究擬透過幾何搭配科技中介的情境式數位遊戲輔助，探討平板電腦融入國小圓面積創新情境式教學設計，了解學習成效、解題歷程思維、學習感受，期能有助於學生了解數學幾何學習。因而，本團隊研發「圓的奇幻旅程——拯救虎姑婆大作戰」，這是一款穿越時空救人的情境式數位遊戲。在自然編班情境下，以準實驗設計檢核學習成效；分別以實驗組14人進行情境式數位遊戲，對照組13人進行紙筆練習，並實施數學成就測驗之前後測及訪談。研究結果顯示，情境式數位遊戲之實驗教學，引起學生的幾何學習興趣，且融入平板操作和學生循序漸進之教學設計，顯著提升圓形和複合圖形面積之學習成效。此外，融入平板電腦操作的闖關活動，對於學生進行複合圖形面積的解題思維，有很大的幫助。綜言之，情境式教學設計之「圓的奇幻旅程——拯救虎姑婆大作戰」是有效的教學輔助媒材，適用於國小六年級圓形和複合圖形面積單元學習，透過故事性、趣味性和意義性，可引起高年級學童對數學幾何學習的興趣，提高學生解題技能及圓形和複合圖形面積之學習成效。本研究的設計原則可提供教育機構設計或推廣創新情境式教學之參考，本研究最後亦對未來研究提出建議。

**關鍵字：**Van Hiele幾何思考層次理論、平板電腦、情境式學習、圓形和複合圖形面積、數位遊戲式學習

## Design and Evaluation of a Situated e-Learning Game and Teaching Content on Circle Graphics Supported by Tablet PCs in an Elementary School

Weng, Shih-Ju<sup>1</sup> Young, Shelley Shwu-Ching<sup>2,\*</sup> Wei, Chi-Ting<sup>3</sup>

**Abstract:** The concept of the area of a circle has long been considered a challenging topic in elementary school geometry. This study explored an innovative contextual instructional design that integrated tablet computers and technology-mediated contextual digital games to support students' learning of circle area concepts. The study examined students' learning effectiveness,

---

投稿日期：2024年7月22日；通過日期：2025年2月14日。

本論文感謝兩位匿名評審的修正意見，文中言論由作者自行負責。

1 國立清華大學學習科學研究所碩士

2 國立清華大學學習科學研究所榮譽退休教授

\* 通訊作者：楊叔卿，E-mail：scy@mx.nthu.edu.tw

3 國立清華大學學習科學研究所研究助理

problem-solving processes, and learning experiences, with the aim of enhancing their understanding of geometric concepts. To achieve this goal, the research team developed a contextual digital game entitled “The Magical Journey of the Circle: The Battle to Save Auntie Tiger.” The game embedded learning tasks within a story-based time-travel rescue narrative to create a meaningful learning context. A quasi-experimental design was implemented using naturally formed classes. The experimental group ( $n = 14$ ) engaged in contextual digital game activities using tablet computers, whereas the control group ( $n = 13$ ) completed traditional paper-and-pencil exercises. Both groups participated in pre- and post-tests of mathematics achievement and interviews. The findings indicated that contextual digital game-based instruction enhanced students’ interest in learning geometry and significantly improved their performance in solving problems involving the areas of circles and composite figures. In addition, tablet-based challenge activities facilitated students’ problem-solving thinking processes when addressing composite figure area problems. Overall, the contextual instructional design of “The Magical Journey of the Circle” proved to be an effective instructional support for sixth-grade mathematics learning. The design principles derived from this study may provide useful references for educators seeking to develop or promote innovative contextual teaching approaches, and directions for future research were also suggested.

**Keywords:** Van Hiele geometric thinking level, tablet PCs, situated-learning, circle and complex graph area, digital game-based learning

## 壹、前言

圓面積計算是國小數學領域中平面幾何課程的重點之一（教育部，2008），但多年來許多學生在面積的解題概念上仍有許多的迷思有待改善。由於圓為曲線，不易透過量尺測量而得到結果，圓面積計算亦不及正方形、長方形面積容易理解（陳玉珊，2021），以致學生在面對圖形面積問題時，經常直覺地採用公式計算，忽略情境及處理圖形問題時的邏輯思維，因而難以建立穩固的數學概念。此外，教科書的面積單元雖提供圖示，但偏重測量及程序執行的問題，應用解題性質的問題較少（黃幸美，2021）。因此，若能讓學生進行幾何操作的活動，例如平移、翻轉、旋轉等，確實了解幾何思考層次中各層次的幾何概念，透過合宜的運算

策略，簡化算式，應可順利計算出較為複雜的複合圖形面積（張汶后，2011）。

另一方面，遊戲不僅具有娛樂性，亦富含教育性。近年來，將科技融入教學，透過數位遊戲讓學生在愉悅的互動情境中享受到學習的自由和樂趣，已成為趨勢，相較於傳統教學，更能激發學生參與學習活動的自主性與積極程度（Chan et al., 2023）。研究顯示，遊戲式數位學習（game-based learning）能提升學生學習動機與學習成效（林國欽等人，2014）。遊戲式學習必須在遊戲情境中學習，並且在此情境下驗證與應用。數位遊戲中，一個好的故事、情境設定，都是激發學生學習動機的關鍵。左台益（2002）認為，從生活情境的具體經驗可激發學生視覺辨識及描述分析二層次的思維經驗。詹士宜

與李鴻亮（2005）則主張，提供意義化的情境布題，能讓學生在情境中探索各種不同類型的數學問題。除了真實的生活情境外，McLellan（1993a）認為，「故事」（story）是情境學習中非常重視的部分，可營造不同的氣氛。

然而，現今的情境式學習，大多數的研究仍以真實生活情境為主軸，鮮少有創新的故事融入布題中，如何將行動載具的視覺、操作的優勢和有趣的學習情境，用於輔助目前國小高年級學生於抽象的幾何學習中，即為本研究重點之一。本研究以自行研創的「圓的奇幻旅程——拯救虎姑婆大作戰」融入Van Hiele幾何思考層次理論（Van Hiele, 1986）設計遊戲關卡內容，讓學生化身為拯救虎姑婆的勇士，並創造人性關懷和使命感的遊戲情境，期能有助於國小高年級學童對於情境式數學教學之學習成效、切割重組解題歷程思維和學習感受。

本研究擬以耳熟能詳的臺灣民間故事「虎姑婆」新創角色，將「情境式教學」和「數位遊戲式學習」的場景設定融入當前流行的穿越時空元素。學生化身為故事中拯救虎姑婆的勇士。當學生進入這個奇幻旅程時，帶著人性關懷和使命感，在遊戲循序漸進的關卡中，透過「平板操作」完成圓形和複合圖形面積的任務，可以成功解救虎姑婆，藉此提供學生更愉悅且優質的科技融入學習體驗，提高學習成效。因而，本研究的待答問題如下：

一、平板融入國小圓面積情境式數位遊戲教學，學生之學習成效為何？

二、平板融入國小圓面積情境式數位遊

戲教學，學生之圓複合圖形面積切割重組解題歷程思維為何？

三、平板融入國小圓面積情境式數位遊戲教學，學生之學習感受為何？

## 貳、文獻探討

### 一、數位遊戲式學習於數學科之應用

數位遊戲式學習又被稱為悅趣式數位學習，具有目標、競爭、互動、挑戰、吸引玩家融入且能創造特有的內在價值（楊時芬、歐陽閻，2020）。在數學教育中，應用數位遊戲可以幫助學生獲得概念知識（徐揚智、孟瑛如，2021；Demedts et al., 2024），並促進課堂參與（Hayati & Behnamnia, 2023）。此外，數位遊戲提供樂趣和快樂，可以減少學生的焦慮和沮喪（Kiili et al., 2023）。基於數位遊戲的學習可提供一個有利於提高學生學習興趣的環境（Breien & Wasson, 2021; Eltahir et al., 2021），增加數學學習之成效（徐揚智、孟瑛如，2021；楊時芬、歐陽閻，2020）。

由於數位遊戲式學習利用豐富的遊戲介面，不僅可降低學習者對數學學習的恐懼，再加上良好的教學設計內容，使得數位遊戲式學習成功地讓學習者保持高度的熱情，在進行數學演算的熟練時，亦可取代傳統的枯燥紙筆演練。本研究將數位遊戲式學習運用於數學領域教學之相關研究，整理如表一。由表一可見，目前Van Hiele理論方法之相關研究多指出學習成效的顯著進步，但其融入的年齡層最多在大學及國、高中階段，較少有機會融入國小階段。

表一

數位遊戲式學習運用於數學領域教學之相關研究

研究者	研究主題	研究結果
Buchori等人 (2024)	研究旨在探討使用Van Hiele理論方法使用在虛擬實境(Virtual Reality, VR)的幾何實驗室媒體對印尼的IVET University Semarang的學生成績影響	這項研究是對印尼的IVET University Semarang虛擬幾何實驗室產品的擴展測試。這是一項使用ADDIE階段模型的開發研究，研究結果表明，使用虛擬實驗室媒體對IVET學生的學業成績有80.3%的影響，而19.7%的學習成績受到本研究中自變數以外的其他變數的影響。經t檢定後，發現實驗組的平均學習成績優於對照組
Aliyu與 Nwafor (2024)	研究調查了Van Hiele的學習過程對尼日利亞卡杜納州國中生幾何表現的影響	該研究採用準實驗研究設計，採用前測、後測及控制組設計。研究對象包括卡杜納州所有初中，以隨機抽樣技術從該州的三個參議院區選擇257名JS II學生(168名男性和88名女性)。用於資料蒐集的工具是幾何評估測試，研究結果顯示，使用Van Hiele學習過程教授幾何學的學生在幾何學方面的表現明顯優於使用講課方法教授相同概念的學生
Satir與 Kurtuluş (2023)	這項研究調查七年級國中生對於Van Hiele幾何的思維水準以及他們在「四邊形」上的迷思錯誤	該研究對象為10名七年級學生，運用質性研究方法的案例研究模型，採Usiskin開發的Van Hiele幾何思考層次測試和由Başısık開發的診斷測試。結果發現，七年級學生對於對角線、高度概念和特殊四邊形有迷思概念，特別是位於角落的正方形在分析層面上無法被學生識別，另一個對角線的迷思概念，則是邊長相等的形狀也具有相等的對角線長度
賴蕙慈 (2010)	應用Van Hiele幾何思考層次理論於國小學童體積概念數位教材開發之研究	設計發展出一套體積概念的數位教材(Cubic Sky)，以Van Hiele的幾何思考層次理論為依據，根據學童在幾何思考層次的的能力，給予適當的教學。學童可透過自由改變觀察視角和融入影片與互動式的對比影像，以更直覺的方式建構出體積的三維概念。在使用Cubic Sky教學後，實驗組的中、低分組學童其思考層次均有顯著提升，師生對該教材皆持正面、積極的看法

## 二、情境學習與行動載具之應用

情境學習理論首次由Brown等人(1989)提出，強調知識的獲得來自學習者與環境的互動，深受活動、社會脈絡與文化

背景所影響。若學習脫離真實情境，知識將淪為抽象符號遊戲，增加認知負荷(Anderson et al., 1996)。Winn(1993)進一步提出三項情境學習的教學設計方式：

(一) 認知學徒制；(二) 提供接近真實的學習經驗；(三) 直接規劃真實世界中的學習。邱貴發與鍾邦友(1993)亦提出設計原則，包括實用情境、真實活動、主動學習及邊際參與，強調讓學習者透過探索與解決問題獲得實用知識。

另一方面，行動載具能運用科技營造情境式學習的環境，讓學生在模擬的真實情境中建構屬於自己的知識與技能，更有利於產生訓練遷移的作用(Pivec, 2007)。黃儒傑與柯靜如(2022)將數位媒材與實地學習結合，應用於孔廟文學地景教學，發現能提升學生的理解、學習表現與學習幸福感。在數學教育中，詹士宜(2003)將情境化教學分為三類：(一) 書面情境(如故事與圖表)；(二) 實體情境(學生實地參與)；(三) 影音情境(透過影片引導學習)。

然而，目前情境學習在數學領域應用仍以生活情境為主，較少涉及創新教學設計。若能將數位載具與情境數位遊戲結合，設計貼近生活且具思考性的活動，將有助於知識內化、學習動機提升與跨學科知識延伸，避免學習淪為機械操作與缺乏反思的遊戲活動。

總結上述研究，探討情境學習理論在科技載具上運用之研究，多為自然科學教育、社會科學教育，鮮少著墨在數學領域上。然而，數學教育上所探討之情境學習，多僅與「生活情境」連結，僅有少數為情境創作之教學設計。情境數位遊戲式學習若能透過數位載具的支援，將學習者置身於擬真情境中，讓知識與情境互動，可望能產生有效的學習，提升學習態度，甚至延伸其他知識的連結。

### 三、圓和圓複合圖形相關解題策略分析

有研究指出，在圓面積的解題策略上，面積教學應分為三部分：面積保留概念的 formed、面積測量概念的建立和面積估測能力的培養(譚寧君, 1995)。然而，要建立此三部分的概念及能力無一不需視覺的輔助。在求算複合圖形面積時，學生對圖形所進行之分析實為一種心像運作的過程，即在經過分合填補的心像操作後，學生必須理解其面積的不變性，而此能力必須奠基於對圖形的視覺直觀分析能力。在處理複合圖形面積時，應納入分合移補策略的啟發，如此學習到的數學概念才較為完整(Confrey et al., 2012)。

由文獻分析發現，過去的教科書在複合圖形之計算部分缺乏策略性教學(如運用分割、填補、移動等技巧)。若能讓學生進行分合填補等策略的思考和運用，利用「分割」、「填補」和「移動」化整圓形複合圖形，使之成為可計算的簡單幾何圖形，並利用計算策略(如分配律)簡化複雜的運算，可提升學生作答信心和正確率(陳嘉皇、吳碧智, 2016)。因而本研究教學和試卷設計依據教學目標，並參考林曉菁與姚如芬(2006)對複合圖形解題策略運用分類為「直接分割」、「填補—扣除」、「扣除重疊」、「分割—單位面積」、「分割—遞移—拼湊」、「對稱分割」等六種方式，調整為三大類的圖形關係，包括「完全分開」(completely separate)、「完全重疊」(full overlap)和「部分重疊」(partial overlap)，以利學生在解題策略上的辨識：

### (一) 完全分開

此策略可直接拆解圖形，將圖形中的面積予以合併，即為所求之面積。

### (二) 完全重疊

先將原複合圖形看成數個重疊的圖形，把個別區塊面積計算後，再扣掉相互重疊部分的面積，以求得正確解答。

### (三) 部分重疊

將原複合圖形先適當切割後，再將切割下來的區塊圖形遞移，目的是與切割後剩餘的圖形拼湊成一個完整的幾何圖形，以強化學生對圓複合圖形面積之概念。

## 參、遊戲情境設計與研究方法

### 一、遊戲情境設計

《虎姑婆》為臺灣家喻戶曉的臺灣民間故事，故事描述山上的老虎精化身為老虎姑婆，欲拐騙小孩食用，目的在警告孩子不要隨便相信藉機想進家門的陌生人。因此，在《虎姑婆》這則臺灣民間故事中，這個角色帶有較負面的設定。

然而，「圓的奇幻旅程——拯救虎姑婆大作戰」遊戲之情境設計，則希望讓虎姑婆

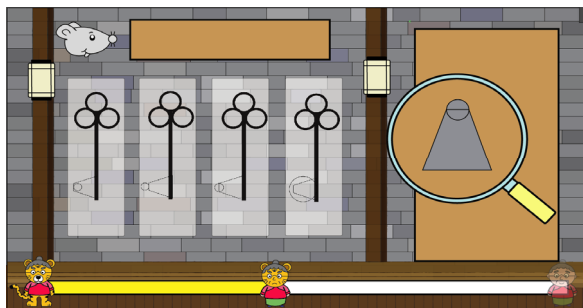
翻轉負面形象，透過故事及情境設計，讓學生化身為「未來勇士」，投入解決圖形關卡的挑戰。在故事情境中的虎姑婆，只是披了虎姑婆的外表，但本質上還是大家仰慕的村長姑婆，村長姑婆因為被老虎咬了，才變成恐怖的虎姑婆，所以大家都願意去拯救虎姑婆。

本研究以學習者為主角，擔任拯救虎姑婆的勇士，是從未來世界來的勇者。藉由角色的勇氣、堅持、正直、仁慈等正向特質，透過遊戲情境引發學習者的正向情緒，產生興趣、好奇心，期望學習者跳脫原本虎姑婆可怕的形象，從新的角度來看待虎姑婆這個角色。

許多幾何圖形其實與生活息息相關，例如車子的輪胎為圓形、橡皮擦的形狀、月亮的形狀等。因此，遊戲中把拯救虎姑婆通往勝利的道具設計為鑰匙，不同的關卡需要有不同形狀的鑰匙，所以設計出各種的複合幾何圖形（如圖一）。學習者必須挑戰各種與圓複合圖形的關卡（如圖二），方能獲得藥水，以拯救被變身成虎姑婆的村長姑婆，創造出一個有趣又具豐富想像力的情境來幫助學生學習幾何。

圖一

尋找適合的複合圖形鑰匙



圖二

拿出藥水解救姑婆



「圓的奇幻旅程——拯救虎姑婆大作戰」可分成三大關卡，分別為：

(一)「蒐集裝備關卡」：配合教師在圓面積、扇形面積和圓複合圖形面積之教學，讓學生透過操作以強化概念。

(二)「主線關卡」：闖關遊戲，培養學生於圓複合圖形題型之解題策略。

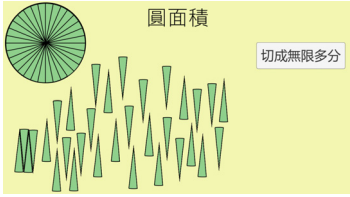
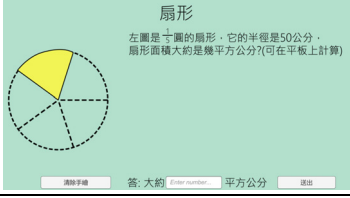
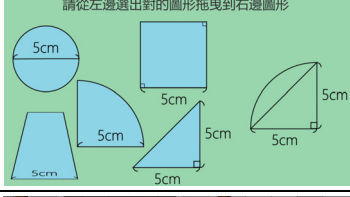

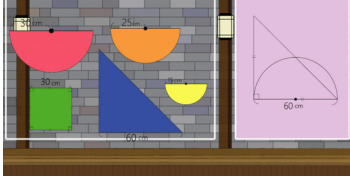
(三)「自我挑戰關卡」：學生自行透

過已學過之分析策略去解題。

本研究在數位遊戲學習系統中，融入 Van Hiele 幾何思考層次理論。Van Hiele (1986) 認為，幾何概念的提昇需經過循序發展歷程，如果讓學生增加操作與視覺化的經驗，能促使學生從原有的幾何能力進階到較高的層次。因此本研究基於 Van Hiele 幾何思考層次理論設計遊戲關卡，如表二所示。

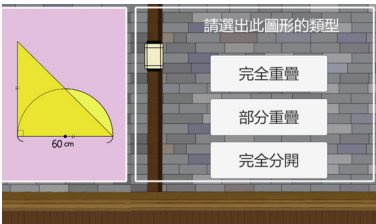
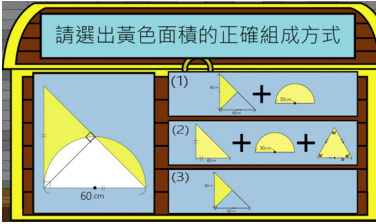

表二

Van Hiele 幾何思考層次理論於本研究遊戲關卡之應用

遊戲關卡	任務	Van Hiele 幾何思考層次	遊戲畫面
1. 蒐集裝備關卡 盾牌階段 (圓面積)	將圓面積排成平行四邊形面積，並知道圓面積公式的由來	層次一：視覺 層次二：分析 層次三：非形式演繹	
2. 蒐集裝備關卡 盔甲階段 (扇形面積)	從動態變化判斷是幾分之幾的圓形，並算出面積	層次一：視覺 層次二：分析 層次三：非形式演繹	
3. 蒐集裝備關卡 縮小燈階段 (複合圖形面積)	觀察圖形，找出圖形組成和判斷圓複合面積計算的方式	層次一：視覺 層次二：分析 層次三：非形式演繹	
4. 主線關卡 流程一階段 (尋找複合圖形鑰匙)	透過圖形之基本特性，辨別同樣的圖形	層次一：視覺	
5. 主線關卡 流程二階段 (拼出鑰匙孔圖形)	移動和重組圖形，以檢視圓複合圖形之組成	層次二：分析	

表二

Van Hiele幾何思考層次理論於本研究遊戲關卡之應用 (續)

遊戲關卡	任務	Van Hiele 幾何思考層次	遊戲畫面
6.主線關卡 流程三階段 (判斷鑰匙圖形的組成)	判斷圓複合圖形 構成要素間的關係	層次二：分析	
7.主線關卡 流程四階段 (打開藥水 寶藏盒)	透過觀察和移動 策略判斷正確的 面積組成方式	層次三：非形式演繹	
8.自我挑戰關卡 恢復姑婆智力階段 (綜合計算)	透過觀察和移動 策略計算出圓複 合圖形的面積	層次三：非形式演繹	

本情境式數位遊戲系統遵循Van Hiele幾何思考層次理論，根據學生幾何思考層次之發展來安排遊戲流程，並將圓複合圖形的類型分成大三類，引導學生發現圓複合圖形組成關係和計算策略之關聯，分述如下（見圖三到圖五，並統整於圖六）：

（一）完全分開圖形：先引導學生分析此圓複合圖形的組成，再確認其組成關係為「完全分開」後，分別將兩個圖形之面積計算後，再相加，如圖三。

（二）完全重疊圖形：先引導學生分析此圓複合圖形的組成，再確認其組成關係為「完全重疊」後，分別將兩個圖形之面積計算後，將大圖形之面積減去小圖形之面積

（可適時觀察圖形是否能再藉由移動，化成較完整圖形），如圖四。

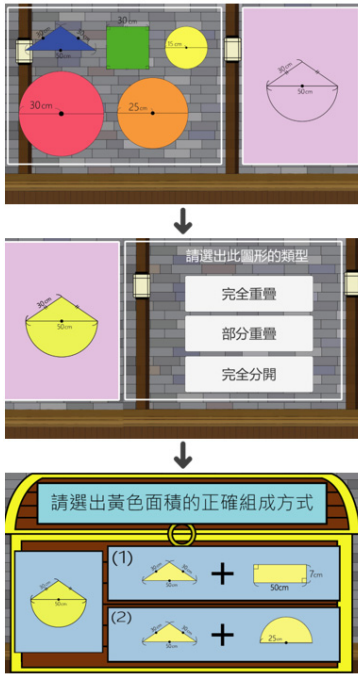
（三）部分重疊圖形：此類型之圖形於本研究中歸類為進階圖形，一樣先引導學生分析此圓複合圖形的組成，再確認其組成關係為「部分重疊」後，需要利用「分割」、「填補」和「移動」等策略來化整圓形複合圖形，以簡化計算流程，如圖五。

## 二、研究對象

本研究採便利取樣，針對北部一所國小六年級29名學生為樣本，剔除無法全程參與者、量表問卷結果遺漏者及極端值者共兩位，最後有27位受試者，詳見表三。

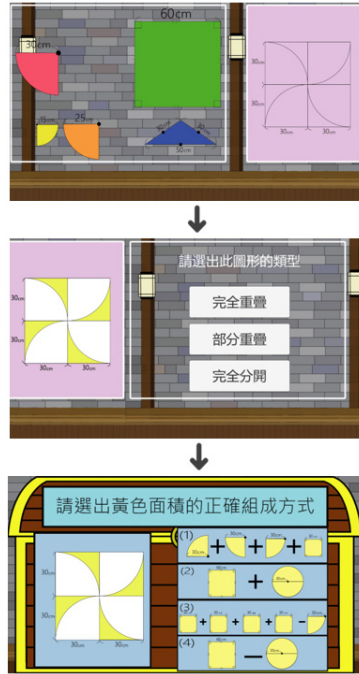
圖三

完全分開圖形之解題策略



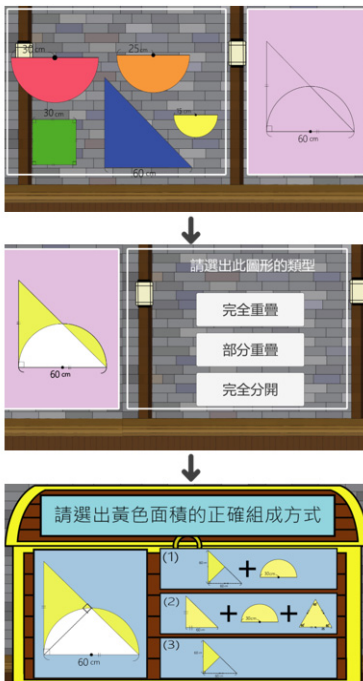
圖四

完全重疊圖形之解題策略



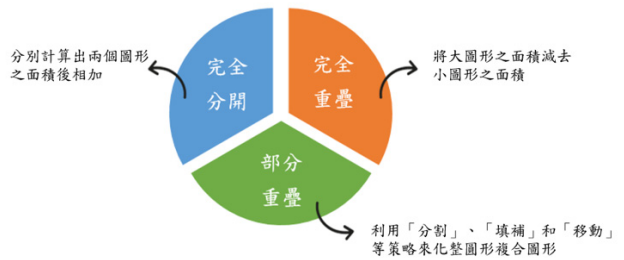
圖五

部分重疊圖形之解題策略



圖六

圓複合圖形組成關係和計算策略之關聯圖



表三

實驗組與對照組之描述

		實驗組人數 (%)	對照組人數 (%)
性別	男性	6 (42%)	7 (53%)
	女性	8 (58%)	6 (47%)
年齡	11 歲	10 (71%)	6 (46%)
	12 歲	4 (29%)	7 (54%)
總人數		14 (52%)	13 (48%)
前測成績		兩組差異未達統計顯著水準	

該班屬常態編班，事先請教師隨機分組，以前測成績進行獨立樣本 $t$ 考驗，未達顯著，推論兩組之起點行為相同。其中實驗組14人，包括男生六位與女生八位；對照組13人，男生七位與女生六位，平均年齡為11至12歲間。實驗組接受平板融入情境式數位遊戲教學，對照組為紙本練習教學。

### 三、研究方法、程序與工具

#### (一) 研究方法

本研究採準實驗研究的不等組前、後測設計，將「圓的奇幻旅程——拯救虎姑婆大作戰」情境式數位遊戲教學和紙本練習教學作為教學自變項，以學習成效、切割重組解題歷程思維作為依變項。

#### (二) 研究程序

本研究進程序總計為11個月，簡要說明如下：

1. 實驗教學：本研究流程分為：資料蒐集、設計開發、測試評估、實測教學與資料分析，並設計「圓的奇幻旅程——拯救虎姑婆大作戰」數位遊戲融入圓面積單元課程。研究分為實驗組（數位遊戲）與對照組（紙本練習），透過前測、後測，輔以學生

訪談與觀察，分析其學習成果與態度變化。

2. 前測與後測：實驗教學前進行前測，完成即進行後測，兩組均需填寫圓和圓的複合圖形試卷，二次測驗均為作者自編。

3. 半結構式訪談及檔案資料分析：為了解學生接受融入平板的情境式數位遊戲之教學內容設計——以圓和圓的複合圖形單元課程的學習感受，從實驗組挑選成績排序在前三名與後七名學童，共10位，進行半結構式訪談，且透過質性研究的非干擾性測量之檔案資料分析，以了解學生在情境式數位遊戲教學中，對圓和圓複合圖形的學習的成效和感受。

#### (三) 研究工具

本研究之前、後測均參考國民小學數學教師手冊，以106學年實驗班級使用之翰林版第11冊為出題基礎，並參考106學年之康軒版和南一版第11冊，編寫圓和圓複合圖形概念前測與後測試卷。

1. 前測：前測卷題目為10題計算題，內容為進行圓面積單元前之先備知識，分別為「平行四邊形面積」、「三角形面積」、「梯形面積」、「扇形及圓心角」和「圓周

長」等五個部分。

2. 後測：後測卷為五題選擇題和七題計算題，內容包含「圓面積」、「扇形面積」和「圓複合圖形面積」等三部分，其中，「圓複合圖形面積」的題型，乃依據研究設計與常見題型分類成「完全分開」、「完全重疊」和「部分重疊」三大題型。專家教師指出，完全重疊型屬於較容易辨別的題型，故只安排一題。

#### 四、資料分析

本研究蒐集數學成就測驗前、後測，採用SPSS Statistics 20版進行統計分析，並進行無母數檢定分析，了解兩組學生之學習成效差異，亦透過卡方檢定了解學生的歷程思維。

此外，為了解學生的學習感受，進行編碼與內容分析，保護參與者的個資。質性資料之編碼方式為：第一碼英文字母E代表實驗組學生，C代表對照組學生；第二碼英文A代表學習成就測驗成績前段（50%）的學

生、B代表學習成就測驗成績後段（50%）的學生；第三碼數字則為學生1~27之流水號；第四碼英文字母M為男生，F則為女生，例如：EA1F即代表實驗組學習成就測驗成績前50%編號為1的女學生，依此類推。

### 肆、研究結果

#### 一、平板融入國小圓面積情境式數位遊戲教學學生之學習成效

以下依據待答問題逐步呈現研究結果。

研究待答問題一：探討平板融入國小圓面積情境式數位遊戲教學學生之學習成效為何？

為檢驗數位遊戲式教學對學生數學之學習成效影響，本研究針對實驗組與對照組於前、後測之表現進行描述性統計與Mann-Whitney U非參數檢定，以探討遊戲式學習對學習成效之影響。如表四。

表四

實驗組與對照組獨立樣本無母數統計與Mann-Whitney U檢定結果

測驗	組別	平均數	標準差	等級 平均數	等級 總和	Mann- Whitney U	Z	p
前測	對照 (n = 13)	72.11	19.242	15.08	196	77	-0.684	0.494
	實驗 (n = 14)			13	182			
後測	對照 (n = 13)	77.67	12.428	12.46	162	71	-0.98	0.327
	實驗 (n = 14)			15.43	216			

從整體描述性統計來看，所有受試者在前測的平均分數為72.11（標準差19.24），在後測提升至77.67（標準差12.43），顯示整體學習表現經過遊戲式學習後，呈現進步趨勢。將樣本依據「實驗組及對照組」進行分組分析，並透過Mann-Whitney U檢定進一步檢視兩組在各階段之差異情形。前測階段中，對照組與實驗組等級平均數a（mean rank）分別為15.08與13.00，檢定結果不具顯著差異（ $U = 77.000$ ， $Z = -0.684$ ， $p = .494$ ），顯示兩組在實驗前表現具有同質性。後測階段，實驗組等級平均數（15.43）高於對照組（12.46），惟差異仍未達統計顯著（ $U = 71.000$ ， $Z = -0.980$ ， $p = .327$ ），表示教學實驗介入後，短期內成效尚未明顯展現。目前雖然以獨立樣本t檢定未呈現顯著差異，實驗組內部的變化仍值得進一步觀察與分析，以評估其可能影響與實施成效。

為更進一步了解實驗組與對照組組內的前、後測，是否因實驗介入而有成績的變化，本研究採用無母數成對樣本統計方法，並採用Wilcoxon檢定（Wilcoxon signed-rank test），比較實驗組與對照組在後測相較於前測的成績變化，相關結果詳列於表五。

從表五可見，對照組學生在後測與前測中，平均成績由72.23分提升至75.31分，標準

差由22.17降至14.17，整體表現略有改善。其中，成績進步者（正等級）共六人，平均等級為7.92；成績退步者（負等級）則有七人，平均等級為6.14。然而，Wilcoxon檢定結果顯示未達統計顯著水準（ $Z = -0.629$ ， $p = .529$ ），表示在接受傳統紙本教學介入的情況下，其成績未達顯著成效。

相較之下，實驗組在接受遊戲式教學後，其後測成績明顯優於前測，經Wilcoxon檢定結果達統計顯著水準（ $Z = -1.978$ ， $p = .048$ ）。進步者共九人，其正等級平均為9.50；退步者五人，負等級平均為4.90，顯示實驗組在教學介入後學習成效有顯著提升。

整體而言，實驗組在前測與後測階段展現出顯著進步，反映數位遊戲式教學對學生數學表現具有顯著的正面效果。

## 二、平板融入國小圓面積情境式數位遊戲教學學生之圓複合圖形面積切割重組解題歷程思維

針對問題二：平板融入國小圓面積情境式數位遊戲教學學生之圓複合圖形面積切割重組解題歷程思維，本研究分析相關資料如表六。

表五

實驗組與對照組在前後測之成績比較

組別	測驗比較	前測平均	前測標準差	後測平均	後測標準差	正等級(人)	負等級(人)	Z	p
對照組 (n = 13)	後測-前測	72.23	22.17	75.31	14.17	6	7	-0.629	0.529
實驗組 (n = 14)	後測-前測	72.00	16.93	79.86	10.62	9	5	-1.978	0.048*

\* $p < .05$ .

表六

解題技巧有無與組別變數之交叉列表

	組別	有使用「面積切割重組」解題技巧	無使用「面積切割重組」解題技巧	卡方值
完全重疊類別一般題型	實驗組	100%	0%	2.33
	對照組	85%	15%	
完全分開類別的一般題型	實驗組	93%	7%	1.35
	對照組	77%	23%	
完全分開類別的進階題型	實驗組	79%	21%	4.49* $\chi^2 = 4.49, p = .034$
	對照組	39%	62%	
部分重疊類別的一般題型	實驗組	79%	21%	1.85
	對照組	54%	46%	
部分重疊類別的進階題型	實驗組	86%	14%	8.42** $\chi^2 = 8.43, p = .004$
	對照組	31%	69%	

\* $p < .05$ . \*\* $p < .01$ .

### (一) 完全重疊類別

#### 一般題型

為探討實驗處理是否影響學生使用「完全重疊」解題技巧的情形，本研究比較實驗組與對照組在該技巧使用比例上的差異。結果顯示，實驗組中所有參與者皆採用此技巧（100%），對照組則有85%採用，15.4%未使用。為檢驗兩組在技巧使用上的差異是否具有統計顯著性，進行Pearson卡方檢定，結果為 $\chi^2(1, N = 27) = 2.33, p = .127$ ，未達顯著水準。整體而言，儘管實驗組使用該技巧的比例略高於對照組，但在本研究樣本中，此差異尚不足以達到統計顯著，故無法推論實驗處理顯著提升學生使用「完全重疊」技巧的傾向。

### (二) 完全分開類別

#### 1. 一般題型

為探討實驗處理是否影響學生在「完全分開類別的一般題型」中使用「面積切割重組」解題技巧的情形，本研究比較實驗組與對照組在該技巧使用比例上的差異。結果顯示，實驗組中有93%的學生能夠運用此技巧，對照組則有77%的學生使用該方法，以簡化圖形並透過簡捷算式正確求解。為檢驗兩組在技巧使用上的差異是否具有統計顯著性，進行Pearson卡方檢定，結果為 $p = .244$ ，未達顯著水準（ $p > .05$ ）。整體而言，儘管實驗組使用該技巧的比例略高於對照組，但在本研究樣本中，此差異尚不足以達到統計顯著，故無法推論「融入平板的情

境式數位遊戲教學」顯著提升學生在此類題型中使用「面積切割重組」技巧的傾向。

## 2. 進階題型

為探討實驗處理是否影響學生在「完全分開類別的進階題型」中使用「面積切割重組」解題技巧的情形，本研究比較實驗組與對照組在該技巧使用比例上的差異。結果顯示，實驗組中有79%以上的學生能夠運用此技巧，簡化圖形並透過簡捷算式正確求解；對照組則僅有39%的學生能有效使用該方法處理兩個圖形並計算出正確答案。為檢驗兩組在技巧使用上的差異是否具有統計顯著性，進行 Pearson 卡方檢定，結果為  $p = .034$ ，達顯著水準 ( $p < .05$ )。整體而言，實驗組學生經過實驗教學後，在此類題型中使用「面積切割重組」技巧的表現顯著高於對照組，顯示此教學模式對學生解題技巧的提升具有正向影響。

### (三) 部分重疊類別

#### 1. 一般題型

為探討實驗處理是否影響學生在「部分重疊類別的一般題型」中使用「面積切割重組」解題技巧的情形，本研究比較實驗組與對照組在該技巧使用比例上的差異。結果顯示，實驗組中有79%以上的學生能夠運用此技巧，判別圖形間的關係並正確求解；對照組則僅有54%以上的學生能使用該方法並求得正解。為檢驗兩組在技巧使用上的差異是否具有統計顯著性，進行卡方檢定，結果為  $p = .173$ ，未達顯著水準 ( $p > .05$ )。儘管實驗組使用該技巧的比例高於對照組，但在本研究樣本中，此差異尚不足以達到統計顯著，故無法推論實驗教學顯著提升學生使用「面積切割重組」技巧的傾向。推測此題型

在課本與練習題中屬於常見類型，兩組學生皆已具備較為熟練的解題能力，因而造成兩組在表現上無明顯差異。

## 2. 進階題型

為了解實驗是否影響學生在「部分重疊類別的進階題型」中使用「面積切割重組」解題技巧的情形，本研究比較實驗組與對照組在該技巧使用比例之卡方檢定。結果顯示，實驗組中有86%以上的學生能夠運用此技巧，將複合圖形填補成兩個完整的圖形，對照組則僅有31%的學生能使用該方法。本研究進行 Pearson 卡方檢定後，研究結果顯示  $p = .004$ ，達顯著水準 ( $p < .05$ )，實驗組學生經過實驗教學後，在進階類型使用「面積切割重組」技巧的表現顯著高於對照組，顯示此教學方式對學生解題策略的養成具有正向且顯著的影響。

綜合上述，針對一般題型，實驗組學生和對照組皆能嘗試使用切割重組的策略解題。然而，在難度更高的完全分開和部分重疊之進階題型中，能看出實驗組相較於對照組更能使用切割重組策略解題。

## 三、探討平板融入國小圓面積情境式數位遊戲教學之學生質性回饋為何？

在融入平板的情境式數位遊戲課程中，本研究透過三個關卡：「蒐集裝備」、「主線關卡」和「自我挑戰關卡」，共八個階段的安排，讓學生透過平板操作來學習數學。以下將呈現實驗組學生對於整個教學流程和關卡的學習感受。

實驗組學生對於平板操作和關卡安排上具正向的滿意度。有許多學生說，能夠在平

板上動手操作分解及複合圖形，讓他們更清楚圓複合圖形的組成和解題，例如，打開藥水寶藏盒，可以一步步了解算式如何列式與觀察。此外，利用鑰匙配對，能觀察與分辨幾何圖案。「主線關卡」中的智力恢復階段，可以檢驗過去學習模式，也可以幫助姑婆恢復智力，增加成就感，教學過程以故事包裝，當學生成為勇士時，亦能增加他們的自信和成就感。

### (一) 蒐集裝備關卡

#### 1. 圓面積關卡，了解圓形如何被切分，進而了解圓面積公式

我覺得這關對我的學習有幫助，可以看到圓形如何被分解。(EA2M)

這關能讓我更清楚的了解為什麼會有這樣的圓面積公式。(EA7F)

可以比較清楚圓面積的由來。(EB6M)

#### 2. 扇形面積關卡：了解扇形變化與計算

在了解扇形的變化後，再計算可加深我的印象。(EA4M)

讓我更了解扇形要如何算。(EA1F)

能加深我對扇形面積的印象。(EB4F)

#### 3. 圓複合圖形面積關卡：可以動手操作，了解圓複合圖形是由什麼圖形拼成的

這關可以讓我知道這些圓複合圖形是由什麼圖形拼來的。(EA5M)

能自己動手操作，顯得更有趣，而且我可以更清楚知道複合圖形由哪些圖形組合。(EA3F)

我覺得能幫助我圖形分解，計算時較容易。(EB3F)

### (二) 主線關卡：拯救虎姑婆大作戰遊戲階段

#### 1. 流程一：尋找複合圖形鑰匙：利用鑰匙配對，觀察與分辨圖案

讓我可以透過配對，來分辨不同的圖案。(EA6M)

在這關我有更多機會可以看清楚各種複合圖形。(EA7F)

#### 2. 流程二：拼出鑰匙孔圖形，了解複合圖形是如何組成的

可以知道複合圖形是由哪些圖形組成的。(EA5M)

流程二可以讓我知道圖形中哪些部分重疊，不要重複算到。(EB6M)

3. 流程三：判斷鑰匙的組成關係，  
可以了解重疊或是切合觀念

選完關係之後，我發現他們原來和  
計算方式有關係，很酷！（EA2M）

我在判斷是不是部分重疊的時候，  
會花比較久的時間。（EA1F）

這關可以知道讓我從圖形去判斷哪  
些部分重疊或是切一半了！（EB2F）

4. 流程四：打開藥水寶藏盒，可以  
一步步了解算式如何列式與觀察

到了這個流程，讓我更了解算式為  
什麼要這樣列式！（EA6M）

這關讓我之後在計算的時候，更清  
楚知道要先算什麼。（EB6M）

(三) 自我挑戰關卡：智力恢復階段，  
檢驗過去學習模式，幫助姑婆恢  
復智力，增加成就感

補充關卡可以讓我檢驗整個學習有  
沒有學到，我覺得這樣的安排對我的  
學習有很大的幫助。（EA2M）

我覺得這關對最後的複合圖形面積  
計算是有幫助的。（EA3F）

最後還能幫姑婆恢復智力，我也挑  
戰成功了，很有成就感。（EB3F）

## 伍、討論

經分析與回應各研究待答問題後，提出  
以下可進一步討論的議題：

### 一、情境式教學能改變教室中學生 學習數學的氛圍

本研究將「拯救虎姑婆大作戰」情境故  
事融入數學教學中，藉由故事性內容吸引學  
生注意，並引導其角色扮演故事中的「未來  
勇士」。透過此情境式幾何教學設計，學生  
在拯救虎姑婆的使命感驅動下，於圖形及複  
合圖形面積學習上展現出較高的學習動機與  
持續投入，優於傳統講述式教學與紙本練習  
中常見的學習表現。如McLellan（1993b）  
所述，故事元素在情境學習中扮演關鍵角  
色，能營造學習情境，促使學生更容易投入  
任務，並在故事任務推動下主動探索與挑戰  
知識，進而提升學習成效。本研究之結果亦  
與Zheng等人（2012）研究發現一致，即情  
境豐富且具趣味性的遊戲式活動能有效促進  
學習成果。此外，課程中結合科技載具，透  
過平板電腦呈現故事情節與圖像（Prensky,  
2007），不僅增強學習活動的趣味性與真實  
感，亦提升學生的專注度與主動學習意願。  
學生在此類情境式學習活動中，對進階題型  
表現出較高的嘗試意願與挑戰精神，顯示情  
境結合科技媒材能有效促進深度學習。

### 二、結合Van Hiele幾何思考層次理 論的科技支援教學，讓學生能 從操作中學習，提升學生之學 習動機與學習成效

本研究將情境式數位遊戲融入平板教  
學，藉由平板載具生動有趣的互動性與可重  
複操作特性，營造有別於傳統講述式教學或

紙本練習的學習情境。學生透過平板反覆進行複合圖形的辨識與重組，有效引導思考與分析，進而形成有意義的策略，呼應林曉菁與姚如芬（2006）對於數位學習設計的建議。本研究所設計之數位遊戲關卡，融入Van Hiele幾何思考層次理論，讓學生能在自由操作中，藉由遊戲規則與任務成就感驅動，逐步進行幾何思考與策略決策（Coller & Scott, 2009）。透過關卡循序漸進的安排，學生不僅鞏固了基本幾何概念，亦能推進至更高層次的幾何思維。

研究結果顯示，實驗組學生在前、後測成績上具有顯著進步，整體學習成效優於對照組。特別是實驗組學生在進階題型中，展現出熟練的「切割與重組」策略，例如，在題目上標示移動軌跡並清楚書寫算式，解題表現顯著優於對照組。此結果與Confrey等人（2012）提出的「分移補策略」啟發一致，即透過適當策略引導，可協助學生簡化運算並提升作答自信。資料統整亦顯示，透過平板載具不斷重複練習，有助於學生深化對圓形與複合圖形關係的理解與計算能力，進而提升整體學習態度與成效。

## 陸、結論、研究限制與未來建議

本研究為探討及解決國小學童學習平面幾何之困境，以自行研創的「圓的奇幻旅程——拯救虎姑婆大作戰」融入Van Hiele幾何思考層次理論設計於遊戲關卡內容，讓學生化身為拯救虎姑婆的勇士，並創造人性關懷和使命感的遊戲情境，將27位學生分為實驗組14人（採用情境式遊戲學習）、對照組13人（採用一般紙本練習），藉此了解國小

高年級學童對於情境式數學幾何教學之成效和圓複合圖形面積之切割重組解題歷程思維。

### 一、結論

本研究設計之「圓的奇幻旅程——拯救虎姑婆大作戰」情境式教學設計，透過故事性、趣味性與意義性的結合，不僅有效促進國小高年級學童的學習成效，亦能作為推動創新數學教學的重要輔助媒材，本研究所設計之數位遊戲關卡也融入Van Hiele幾何思考層次理論，讓學生藉由遊戲規則與任務成就感驅動，逐步進行幾何思考與策略決策，學生不僅鞏固了基本幾何概念，亦能推進至更高層次的幾何思維。最後，本研究提出之設計原則，亦可作為未來教育機構於情境式教學活動設計與推廣上的參考，並建議後續研究可進一步探討不同年齡層與其他數學領域之應用成效。

### 二、研究限制

本研究因應目前少子化的真實授課情境，教師只有教一個班級，所以採用方便取樣，反映目前真實的上課情境，參與研究人數較少，因而其研究成果不宜過度推衍。希望未來從事相關情境式數位遊戲教學的研究者可擴大其樣本數或地區，做進一步的研究探討及推論。

### 三、未來建議

此外，為有助於未來的相關研究，本文提出以下建議：

#### （一）確認學生之先備知識是否夠充足

圓和圓的複合圖形面積單元與小數乘法單元是息息相關的，在學生的作答分析中發

現，許多學生已懂得使用移動策略解題，但卻會在計算圓面積時，因計算錯誤造成整個複合圖形的面積不正確。因此，未來若擬進行此單元教學或研究者，在進入各單元時，應該先確認學生的小數乘法概念和能力是否充足，或是在單元之題目設計時，應盡可能讓小數計算單純化，以避免學生在小數乘法中出錯和複合圖形難拆解雙重困難下，增加學生對數學學習的恐懼感和無助感。

## (二) 可分別探討情境式教學和遊戲式系統的影響

本研究主要探討情境結合遊戲式教學內容設計，對學生在圓面積學習上的影響。因此，建議未來擬進行相關議題之研究者可考量於實驗設計中的自變項，或是在問卷中調查情境式教學或是遊戲式系統的內涵設計究竟何者對學生學習的影響較大。

## 參考文獻

左台益 (2002)。Van Hiele 模式之幾何教材設計。《中等教育》，**53** (3)，44-53。

林國欽、洪暉鈞、楊叔卿 (2014)。平板電腦融入體育課程羽球技能教學效果之研究。《體育學報》，**47** (3)，437-449。  
<https://doi.org/10.6222/pej.4703.201409.1009>

林曉菁、姚如芬 (2006)。面積教學模組之初探。《科學教育研究與發展季刊》，**44**，37-57。

邱貴發、鍾邦友 (1993)。情境學習理論與電腦輔助學習軟體設計。《台灣教育》，**510**，23-29。

徐揚智、孟瑛如 (2021)。應用 PaGamO 數位遊戲式平臺於國小六年級數學低成就學生學習成效之研究。《特教論壇》，**30**，14-37。  
[https://doi.org/10.6502/SEF.202106\\_\(30\).0002](https://doi.org/10.6502/SEF.202106_(30).0002)

張汶后 (2011)。以幾何融入面積課程對國小四年級學童學習面積公式成效之影響 (未出版碩士論文)。臺北市立教育大學。

教育部 (2008)。國民中小學九年一貫課程綱要數學學習領域。[http://www.k12ea.gov.tw/ap/sid17\\_law.aspx](http://www.k12ea.gov.tw/ap/sid17_law.aspx)

陳玉珊 (2021)。解構我的「圓面積」教學。《科學教育月刊》，**437**，56-64。  
[https://doi.org/10.6216/SEM.202104\\_\(437\).0006](https://doi.org/10.6216/SEM.202104_(437).0006)

陳嘉皇、吳碧智 (2016)。圓形複合圖形面積解題學習軌道之教學實驗研究。《教育科學研究期刊》，**61** (1)，1-41。  
[https://doi.org/10.6209/JORIES.2016.61\(1\).01](https://doi.org/10.6209/JORIES.2016.61(1).01)

黃幸美 (2021)。學生的空間測量能力及教科書的面積與體積教材之探討。《教科書研究》，**14** (1)，57-96。  
[https://doi.org/10.6481/JTR.202104\\_14\(1\).03](https://doi.org/10.6481/JTR.202104_14(1).03)

黃儒傑、柯靜如 (2022)。結合實地情境學習與數位媒材運用之素養導向教學研究：以孔廟地景文學之新詩創作地圖為例。《屏東大學學報—教育類》，**6**，1-34。

楊時芬、歐陽閻 (2020)。PaGamO 線上遊戲平臺對不同成就之七年級學生數學學習態度與學習成就之影響。《教育傳播與科技研究》，**124**，17-36。  
[https://doi.org/10.6137/RECT.202012\\_\(124\).0002](https://doi.org/10.6137/RECT.202012_(124).0002)

詹士宜 (2003)。情境式數學教學面面觀。《國教之友》，**52** (2)，3-10。

詹士宜、李鴻亮 (2005)。情境式數學教學在學習障礙學生數學學習之應用。載於洪儷瑜、王瓊珠、陳長益 (主編)，突破學習困難——評量與因應之探討 (頁 215-246)。心理。

賴蕙慈 (2010)。應用 Van Hiele 幾何思考層次理論於國小學童體積概念數位教材開發之研究 (未出版碩士論文)。國立臺北教育大學。

譚寧君 (1995)。面積概念探討。《國民教育》，**35**，1-21。

- Aliyu, U. A., & Nwafor, M. C. (2024). Effect of Van Hiele's learning process on geometry performance among junior secondary school students in Kaduna State, Nigeria. *Faculty of Natural and Applied Sciences Journal of Mathematics, and Science Education*, 5(3), 62-70.
- Anderson, C. A., Krull, D. S., & Weiner, B. (1996). Explanations: Processes and consequences. In E. T. Higgins & A. W. Kruglanski (Eds.), *Social psychology: Handbook of basic principles* (pp. 271-296). The Guilford Press.
- Breien, F. S., & Wasson, B. (2021). Narrative categorization in digital game - based learning: Engagement, motivation & learning. *British Journal of Educational Technology*, 52(1), 91-111. <https://doi.org/10.1111/bjet.13004>
- Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18(1), 32-42. <https://doi.org/10.3102/0013189X018001032>
- Buchori, A., Prasetyowati, D., & Wijayanto. (2024). Effect of the use of virtual reality (VR)-based geometry virtual lab media with the Van Hiele theory approach to student learning achievement at IVET University Semarang. *KnE Social Sciences*, 9(6), 252-261. <https://doi.org/10.18502/kss.v9i6.15272>
- Chan, H.-Y., Liu, S.-W., & Hou, H.-T. (2023). Interacting with real-person non-player characters to learn history: Development and playing behavior pattern analysis of a remote scaffolding-based situated educational game. *Interactive Learning Environments*, 32(7), 3892-3912. <https://doi.org/10.1080/10494820.2023.2192745>
- Coller, B. D., & Scott, M. J. (2009). Effectiveness of using a video game to teach a course in mechanical engineering. *Computers & Education*, 53(3), 900-912. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.05.012>
- Confrey, J., Nguyen, K. H., Lee, K., Panorkou, N., Corley, A. K., & Maloney, A. P. (2012). *Turn-on common core math: Learning trajectories for the common core state standards for mathematics*. <https://www.turnonccmath.net>
- Demeds, F., Kiili, K., Ninaus, M., Lindstedt, A., Reynvoet, B., Sasanguie, D., & Depaepe, F. (2024). The effectiveness of explanatory adaptive feedback within a digital educational game to enhance fraction understanding. *Learning and Instruction*, 94, Article 101976. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2024.101976>
- Eltahir, M. E., Alsalhi, N. R., Al-Qatawneh, S., AlQudah, H. A., & Jaradat, M. (2021). The impact of game-based learning (GBL) on students' motivation, engagement and academic performance on an Arabic language grammar course in higher education. *Education and Information Technologies*, 26(3), 3251-3278. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10396-w>
- Hayati, S., & Behnamnia, N. (2023). Exploring game behavior, scaffolding, and learning mathematics in digital game-based learning apps on children. *Journal of Modern Educational Research*, 2(5), 1-12. <https://doi.org/10.53964/jmer.2023005>
- Kiili, K., Juho, S., Cloude, E. B., & Dindar, M. (2023). Demystifying the relations of motivation and emotions in game-based learning: Insights from co-occurrence network analysis. *International Journal of Serious Games*, 10(4), 93-112. <https://doi.org/10.17083/ijsg.v10i4.629>
- McLellan, H. (1993a). Evaluation in a situated learning environment. *Educational Technology*, 33(3), 39-45.

- McLellan, H. (1993b). Hypertextual tales: Story models for hypertext design. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 2(3), 239-260.
- Pivec, M. (2007). Editorial: Play and learn: Potentials of game-based learning. *British Journal of Educational Technology*, 38(3), 387-393. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2007.00722.x>
- Prensky, M. (2007). How to teach with technology: Keeping both teachers and students comfortable in an era of exponential change. *Emerging Technologies for Learning*, 2(4), 40-46.
- Satir, S., & Kurtuluş, A. (2023). Examination of seventh grade students' Van Hiele geometric thinking levels and their mistakes on "quadrilaterals". *Journal of Educational Research*, 10(2), 23-51. <https://doi.org/10.59409/ojer.1366292>
- Van Hiele, P. M. (1986). *Structure and insight: A theory of mathematics education*. Academic Press.
- Winn, W. (1993). Instructional design and situated learning: Paradox or partnership. *Educational Technology*, 33(3), 16-21.
- Zheng, D., Newgarden, K., & Young, M. F. (2012). Multimodal analysis of language learning in World of Warcraft Play: Languaging as values-realizing. *ReCALL*, 24(3), 339-360. <https://doi.org/10.1017/S0958344012000183>