

# 運用漸進式動態評量與虛擬實境於電磁作用教學之學習成效 分析

## Analysis of Learning Effectiveness in Electromagnetic Instruction Using Progressive Dynamic Assessment and Virtual Reality

張筌富<sup>1</sup> 吳育龍<sup>2</sup>

ZHANG, QUAN-FU<sup>1</sup> WU, YU-LONG<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 國立臺中教育大學 數位內容科技學系研究所 研究生

<sup>1</sup> National Taichung University of Education Graduate School of  
Department of Digital Content and Technology Student

E-mail: [asd023090@gmail.com](mailto:asd023090@gmail.com)

<sup>2</sup> 國立臺中教育大學 數位內容科技學系研究所 教授

<sup>2</sup> National Taichung University of Education Graduate School of  
Department of Digital Content and Technology Professor

E-mail: [ylw@mail.ylw.idv.tw](mailto:ylw@mail.ylw.idv.tw)

### 摘要

本研究旨在開發「電磁大挑戰」虛擬實境互動教材，主題為國小自然科「電磁作用」單元。教材以漸進式動態評量概念設計，並運用虛擬實境模擬實驗室場景，提升學生學習興趣與動機。本研究採準實驗設計，以台中市某國小四個六年級班級共91人為研究對象，分為實驗組（46人，使用虛擬實境教材）與對照組（45人，使用一般實體實驗教學），進行40分鐘教學及測試。研究工具包括「電磁作用基本知識前後測試卷」及「ARCS動機量表前後測問卷」。

結果顯示，1. 虛擬實境教材教學的學習成效顯著優於一般實體實驗教學；2. 使用虛擬實境教材後，ARCS動機量表四個面向均顯著提升。本研究成果可為虛擬實境教材設計與評量提供參考。

**關鍵字：**虛擬實境、動態評量、電磁作用、學習動機、學習成效

### Abstract

*This study developed the "Electromagnetic Challenge," a virtual reality (VR) teaching material for the elementary science unit on "Electromagnetic Effects." Designed with progressive dynamic assessment and realistic VR laboratory simulations, the material aimed to boost student interest and motivation. A quasi-experimental design involved 91 sixth-grade students from Taichung City, divided into an experimental group (46 students using VR) and a control group (45 students using traditional teaching). Both groups participated in 40-minute sessions, including instruction, experiments, and post-tests. Results showed that: 1) VR teaching significantly enhanced learning outcomes compared to traditional methods; 2) all four dimensions of the ARCS motivation model improved significantly after using the VR*

*material. These findings offer valuable guidance for the design and evaluation of VR educational tools.*

**Keywords :** *Virtual Reality, Dynamic Assessment, Electromagnetic Induction, Learning Motivation, Learning Effectiveness*



## 壹、研究背景

近年來，虛擬實境 (Virtual Reality, 以下簡稱VR) 在教育領域的應用逐漸成熟，並成為教學與教育實踐中的熱門議題。VR能夠為學生提供一個不同於傳統的學習環境，模擬現實世界中的各種情境，使學生身臨其境，從而幫助他們更深入地理解許多在現實生活中難以觀察的抽象概念。國小自然科「電磁作用」單元中，由於磁力無法直接觀察，學生在理解這些科學抽象概念時常面臨挑戰 (林小慧, 2008)。然而，若能將知識與真實情境相連結，或使學生能夠以有意義的方式解釋知識，就能夠將所學的原則應用於各種生活情境 (林碧珍, 2003)。VR技術能夠將抽象知識構建於一個擬真的環境中，使學生在此環境中自由探索，觀察平時無法直接觀察的磁場變化。此外，教師也不再需要處理實驗室中的種種限制，如耗材費用、器材數量以及器材可能出現的突發狀況 (林昌臻, 2020)。

在教材使用過程中，由於VR教材與傳統教學方法不同，在操作中難以進行紙筆測驗的評鑑。Brown (1987) 研究指出，知識在真實情境中習得，因此評量也應在真實情境中進行，這樣才更具教育意義。因此，我們採用漸進式動態評量來替代傳統課堂評量，並融合實驗室情境，將學習評量與生活情境融入VR教材中，藉此提升學習動機，減少認知負荷，並最大化學習成效。

動態評量與傳統標準化評量的差異在於對學生表現的重視不同。動態評量注重個別學生在學習過程中的變化，並在評量的同時進行學習。Campion與Brown (1987) 提出漸進式動態評量，在評量過程中逐步給予提示，提示的程度由淺入深。在本研究設計的教材中，學生在答題期間可以按下提示按鈕以獲得提示，透過即時反饋，學生可以調整學習策略，進一步發展思考能力。因此，我們需探討虛擬實驗中漸進式動態評量的效用，以確保其有效性。

綜上所述，本研究的動機在於比較兩種教材形式對學習成效的影響，期望透過此研究為VR教學的發展提供更多方向與建議。

## 貳、文獻探討

### 一、虛擬實境

虛擬實境 (VR) 是一種新興的人機互動技術，透過高速、高品質的 3D 圖形、影音與專用硬體 (如頭戴式裝置和動作捕捉設備)，提供高度沉浸感與互動性 (Anthes, 2016)。其目的是讓使用者完全融入虛擬世界，模糊與現實的界線。Burdea 與 Coiffet (2003) 提出 VR 的三大特性為沉浸性 (Immersion)、互動性 (Interaction) 與想像性 (Imagination)，合稱「3I」。

在教育應用中，VR 提供多元學習體驗，有助於學生理解抽象概念及體驗現實中難以實現的情境 (如探索太空或觀察分子運動)，並透過多感官參與深化學科知識的理解 (Ball, 1995)。林怡君與施登堯 (2018) 的研究顯示，VR 在體育訓練中的認知效果優於傳統教學。Hupont (2015) 指出，使用者在 3D 虛擬世界中的自由探索能增強真實感，且高擬真的環境比低擬真環境具有更高的參與度與可用性 (李東霖, 2021)。

隨著科技的發展，虛擬實境 (VR) 已成為提升學習成效的重要工具。傳統講述教學法在教授外國地理、歷史或抽象概念時，主要依賴圖片、影片或文字，使學生難以深入理解，僅獲得片面的文本知識。然而，VR 能創造身臨其境的學習體驗，讓學生突破時空限制，以視覺、聽覺及互動方式加強學習印象 (張訓, 2018)。教師可運用 VR 設計情境式教學，讓學生沉浸於模擬環境中進行實作，進一步提升學習效果 (Ausburn&Ausburn, 2004)。

### 二、學習動機

學習動機是一種內在心理歷程，引導並維持學習者朝向特定目標的行為 (張春興, 1994)。學習動機不僅提升學習興趣，還能強化自信、自我效能及自我調節能力，促進學習在深度、廣度與持續性的發展 (Schunk, Pintrich, & Meece, 2014)。毛國楠 (1997) 指出，學習表現欠佳並非能力不足，而是學習動機不足所致，且學習動機與學習策略、態度及成就存在交互作用。在高學習動機下，學習者更具求知慾，進而獲得更大進步 (Dulay&Burt, 1977)。葉炳煙 (2013) 則認為，動機是一種內在思考歷程，使學生在

學習環境中投入更多心力並維持動力。李詠吟（1984）歸納動機的作用，包括激發學習動力、確立目標與方向、影響學習選擇性，並使行為更具組織性。因此，引發學習動機是有效教學的重要關鍵。

Keller（1988）提出的ARCS動機設計模型，將學習動機分為四大要素，幫助教師設計課程與改進教學（許淑玫，1998）。林劭珍（2003）認為，教師須同時融入這四大要素，才能維持良好的教學循環。ARCS模式的核心在於先引起學生的注意與興趣，接著分析學習內容與自身需求的關聯性，進而透過可掌握的挑戰提升自信，最終達成學習成就感（陳清惠、高淑真與胡夢鯨，2019）。該模式有助於提升學習者的投入度與學習動機，使教學更具成效。

### 三、動態評量

動態評量由Feuerstein（1979）提出，旨在關注學生的學習過程與認知發展，而非僅評估學習結果（Vaughn&Wilson，1994）。該評量模式強調「可改善的認知」，並包含三大核心要素（許家瑜，2022）。首先，「同步性」指教師在評量過程中同步進行教學，透過即時協助幫助學生學習（Feuerstein，1979）。其次，「互動性」強調教師與學生之間的交流，教師可依據學生的學習變化調整教學策略，以提升學習成效（Lidz，1987）。最後，「學習歷程」聚焦於學生的學習潛能與進步程度，教師應分析學習者的認知變化，以優化未來的教學內容（Campione&Brown，1987）。總結而言，動態評量強調依學生能力提供適當支持，並評估學習成效與遷移能力，以實現更有效的教學與學習（許家瑜，2022）。

態評量以「引導學習」為核心，透過「測驗—中介—測驗」模式挖掘學生潛能。朱經民與蔡玉瑟（2000）整理出三種主要類型：學習潛能評量工具（LPAD）強調「測驗—教學—測驗」模式，以發現並改善學生的認知盲區（Feuerstein，1979）；過程評量聚焦於分析學習者的「3W1H」，幫助學習障礙學生改進策略（Meyers，1993）；輔助性評量則透過適當支持提升學習表現，並強調學習遷移（Campione，1987）。相較於靜態評量，動態評量更能量化學習歷程並有效提升學習成效。

動態評量的運作模式可依評量目的調整，主要分為學習潛能評量（LPAD）、漸進式評量與連續評量模式（鄭涵之，2022）。其中，漸進式評量（Campione&Brown，1987）透過標準化提示系統，依「一般、抽象、具體」順序提供多層次提示，以評估學生的學習、保留與遷移能力（賴阿福、陳志鴻，2006）。提示過程採鷹架支持方式，教師根據學生需求調整教學（Ifenthaler，2012）。該評量模式具有四大優點：提升評分信度、強調能力遷移、系統化提示設計、強調與學科整合（鄭涵之，2022）。研究顯示，相較靜態評量，漸進式動態評量能更準確評估學生能力，並提升學習態度、主動學習與學習遷移效果（陳育慈，2022；陳桂霞與陳惠謙，2007）。

## 參、研究實施與設計

### 一、研究方法

#### （一）研究流程

本研究依據研究目的及相關文獻探討整理擬出本研究方法，研究者分別以VR實驗與實體實驗進行國民小學六年級上學期自然與生活科技課程「電磁作用」中「電與磁」、「製作電磁鐵」兩個單元做教學，並利用「電磁相關知識後測測驗卷」以及「虛擬實境ARCS學習動機量表」探究何種教學方式能具備較佳的學習成效，提供未來教學者參考。本研究之研究流程如圖1所示：

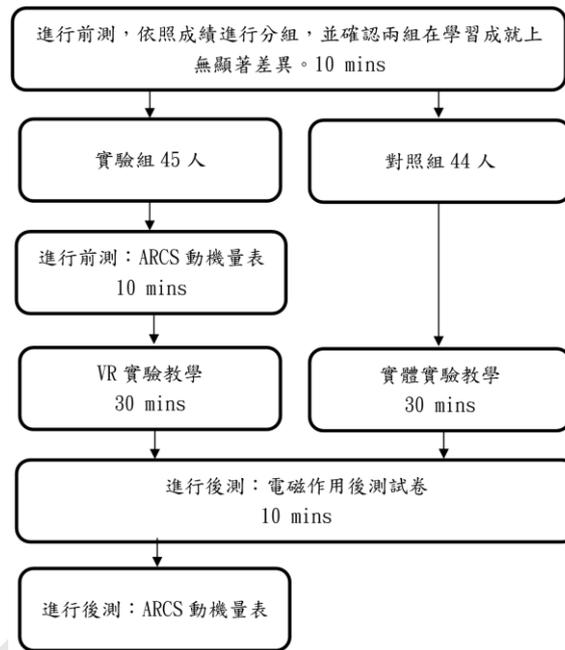


圖1. 研究流程圖

## (二) 研究架構

本研究依據研究動機、目的以及文獻探討結果，預期分析兩種教學的方式對於國民小學學生進行實驗教學之成效為何，以及分析使用VR教材前後，在ARCS動機模式中四個構面的變化。因此課程教學方式與教材為自變項，以學生後測成績為依變項，電磁相關概念前測試卷作為共變項，並提出研究架構。如圖2：

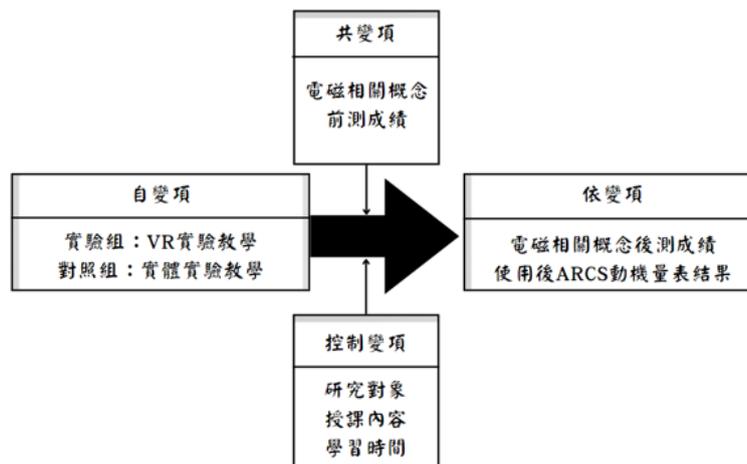


圖2. 研究架構圖

## (三) 研究假設

本研究根據研究目的與架構，可以提出以下假設：

- H1：在使用漸進式動態評量應用於虛擬實境教材後在學習成效上應優於一般實體實驗教學。
- H2-1：結合漸進式動態評量之VR教材在使用後與使用前的引起注意構面有顯著差異。
- H2-2：結合漸進式動態評量之VR教材在使用後與使用前的自身相關構面有顯著差異。
- H2-3：結合漸進式動態評量之VR教材在使用後與使用前的建立自信構面有顯著差異。
- H2-4：結合漸進式動態評量之VR教材在使用後與使用前的獲得滿足構面有顯著差異。

## (四) 研究對象

本研究之研究對象採目的抽樣，以台中市某國民小學六年級學生四班共91位為主，預計使用各兩堂的教學課程，其中兩班共46人為實驗組，以虛擬實境輔助實驗進行教學；另外兩班共45人則為對照組，以一般傳統實驗流程進行教學，兩組學生不重複。

## 二、 研究工具

本研究運用Unity開發之虛擬實境教材，結合電磁知識前後測測驗卷與ARCS動機量表，比較傳統實驗教學法與VR輔助教學法的學習成效與差異，並分析漸進式動態評量對學習的影響。教材為本研究自行開發

(<https://market.cloud.edu.tw/resources/web/1810987>)，以國小六年級「電磁作用」為主題，搭配Meta Oculus Quest 2。VR教材「電磁大挑戰」(如圖3)為基於Bloom認知理論，讓學生透過科學家角色扮演突破關卡，結合高層次認知與自主學習，並適時提供課間評鑑，以提升學習成效。

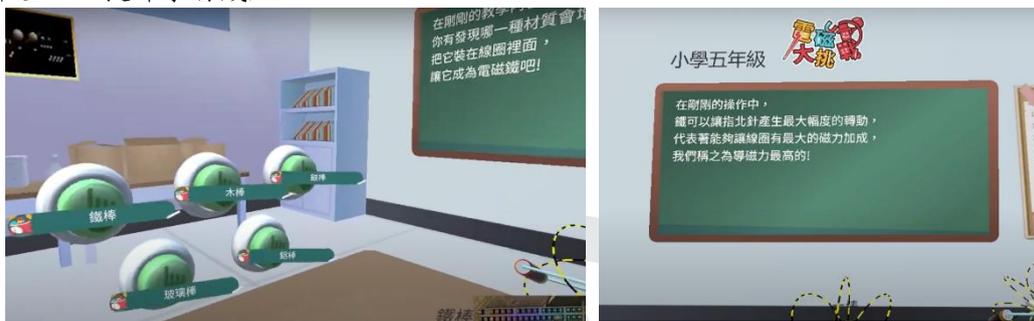


圖3. 實驗教材示意圖

## 肆、 結果與討論

### 一、使用兩種實驗之學習成就分析

主要探討「使用虛擬實境輔助實驗與一般實體實驗教學之學習成就差異」，對於學生自然科學課程中的「電磁作用」一課，在使用兩種大相逕庭的實驗方式，是否會在學習成就上有顯著差異。使用之統計方式為將兩組後測成績做獨立樣本T檢定。資料分析如表1：

表1. 兩組後測成績獨立樣本T檢定結果

F檢定	T	自由度	顯著性(p)
.093	3.589	89	.001

計算後其T統計值為3.589，顯著性p值=0.001<.05，表示VR實驗教學與一般實體實驗教學有顯著差異。

由上述分析可得知，進行VR教材教學的學童在「電磁作用」之後測得分皆高於進行一般實體實驗教學的學童，因此本研究假設H1「在使用漸進式動態評量應用於虛擬實境教材後在學習成就上會優於一般實體實驗教學。」成立。

### 二、使用虛擬實境輔助實驗前後在ARCS動機模式構面分析

將樣本進行相依樣本T檢定，結果如表2。

表2. ARCS動機模式各構面之相依樣本T檢定結果

構面	T	自由度	顯著性(p)
引起注意	-4.823	45	.000
自身相關	-6.730	45	.000
建立自信	-3.382	45	.001
獲得滿足	-4.491	45	.000

由上述分析可得，使用VR輔助教學之後在ARCS動機模型上各個項度在相依樣本T檢定中的P值結果皆為顯著差異，代表本研究之假設H2-1、H2-2、H2-3以及H2-4皆成立。

## 伍、 結論與未來展望

## 一、研究結果

本研究探討了虛擬實境教材在國小六年級自然與生活科技課程中對學習成就及學習動機的影響。研究對象為兩個單元「電與磁」和「製作電磁鐵」，比較了虛擬實境輔助實驗與傳統實體實驗教學的學習成效。結果顯示，虛擬實境輔助教學的學習成就顯著優於實體實驗教學。此外，使用虛擬實境教材後，學生的學習動機在ARCS動機模式的四個構面中均有顯著提升，尤其在「引起注意」和「自身相關」兩個構面中表現最佳。學生初始對虛擬實境教材的興趣較低，但在實驗過程中，幾乎所有學生都展現出高度的學習興趣，並期待未來的類似活動。

## 二、未來研究方向

雖然本研究中的虛擬物件與場景已經做到真實化，但由於比例與物理引擎的原因，無法完全替代現實物品的觀察。因此，建議未來的研究應以現實物品為主，再搭配虛擬實境輔助，避免學生對物品的認知發展出錯誤理解。

而在動態評量方面，本研究只有對基本的學習成效做統計，未來研究者可以針對某些知識點做深入研究，確認學生對於不太熟悉的知識內容，是否可以利用動態評量的方式來更進一步的認知與複習。

## 參考文獻

### 一、中文部分

- 毛國楠（1997）。成績回饋方式對不同能力水準國中生數學科的學習動機、學習策略、學習態度與學業成就之影響。教育心理學報, 29, 117-135。
- 朱經明、蔡玉瑟（2000）。動態評量在診斷國小五年級數學障礙學生錯誤類型之應用成效。特殊教育研究學刊, 18, 173-189。
- 李東霖（2022）。虛擬實境遊戲對國中生環境教育的學習動機與成效之研究（碩士論文）。淡江大學，新北市。
- 李詠吟（1983）。教學理論與策略。台北：遠流。
- 林小慧（2008）。CISC教學策略與國中生微粒概念學習成效之相關研究。教育心理學報, 39(4), 533-554。林勁珍（2003）。運用 ARCS 動機模式於生活科技教學。教師之友, 44(4), 104-111。
- 林怡君、施登堯（2018）。虛擬實境輔助國中籃球教學之研究。嘉大體育健康休閒期刊, 17(2), 48-59。
- 林昌臻（2020）。以認知—情感多媒體學習理論分析虛擬實境教學應用於技術型高中汽車美容之學習保留相關研究（碩士論文）。國立台灣師範大學，台北市。
- 林碧珍（2003）。生活情境中的數學。新竹縣教育研究集刊, 3, 新竹縣教育研究發展記網路中心。
- 張春興（1994）。教育心理學。台北：東華。
- 張訓（2018）。虛擬實境運用於教育場域可能面臨的問題。臺灣教育評論月刊, 7(11), 120-125。
- 許家瑜（2022）。基於動態評量之虛擬實境遊戲對國小學生自然科學習成效之影響（碩士論文）。國立台中教育大學，台中市。
- 許淑玫（1998）。ARCS動機設計模式在教學上之應用。國教輔導, 38, 16-24。
- 陳育慈（2022）。行動科技輔助動態評量教學對國小學童音樂節奏學習成效之影響（碩士論文）。國立台中教育大學，台中市。

- 陳桂霞, & 陳惠謙 (2007)。電腦化動態評量在學習與遷移效益分析—以國小數學時間的計算單元為例。 *Journal of Information Technology and Applications (資訊科技與應用期刊)*, 2(2), 85-92。
- 陳清惠、高淑真、胡夢鯨 (2019)。樂齡健康促進課程規劃之研究—以預防失智症教學策略為例。 *長庚科技學刊*, 30, 61-75。
- 葉炳煙 (2013)。學習動機定義與相關理論之研究。 *屏東教大體育*, 16, 285-293。
- 鄭涵之 (2022)。基於動態評量之數位遊戲式學習對於學童音樂欣賞教學學習成效之影響 (碩士論文)。國立台中教育大學, 台中市。
- 賴阿福、陳志鴻 (2006)。多媒體動態評量應用於國小自然與生活科技領域之學習成效。 *科學教育研究與發展*, 2006 專刊, 91-113。

## 二、英文部分

- Anthes, C., Garcia-Hernandez, R. J., Wiedemann, M., & Kranzlmuller, D. (2016). State of the art of virtual reality technology. *2016 IEEE Aerospace Conference*, 1-19.
- Ausburn, L. J., & Ausburn, F. B. (2004). Desktop virtual reality: A powerful new technology for teaching and research in industrial teacher education. *Journal of Industrial Teacher Education*, 41(4), 33-58.
- Bell, J. T., & Fogler, H. S. (1995). The investigation and application of virtual reality as an educational tool. In *Proceedings of the American Society for Engineering Education Annual Conference* (Vol. 2513).
- Burdea, G. C., & Coiffet, P. (2003). Output devices: Graphics, three-dimensional sound, and haptic displays. In *Virtual Reality Technology* (2nd ed., pp. 58-115). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Campione, J. C., & Brown, A. L. (1987). Linking dynamic assessment with school achievement. In C. S. Lidz (Ed.), *Dynamic assessment: An interactional approach to evaluating learning potential* (pp. 82-115). New York: Guilford Press.
- Dulay, H., & Burt, M. (1977). Remarks on creativity in language acquisition. In M. Burt, H. Dulay, & M. Finnochiario (Eds.), *Viewpoints on English as a second language* (pp. 95-126). New York: Regents.
- Feuerstein, R., Rand, Y., Jensen, M. R., Kaniel, S., & Tzuriel, D. (1987). Prerequisites for assessment of learning potential: The LPAD model. In C. S. Lidz (Ed.), *Dynamic assessment: An interactional approach to evaluating learning potential* (pp. 35-51). New York: The Guilford Press.
- Hupont, I., Gracia, J., Sanagustin, L., & Gracia, M. A. (2015). How do new visual immersive systems influence gaming QoE? A use case of serious gaming with Oculus Rift. In *2015 Seventh International Workshop on Quality of Multimedia Experience (QoMEX)* (pp. 1-6).
- Ifenthaler, D. (2012). Determining the effectiveness of prompts for self-regulated learning in problem-solving scenarios. *Journal of Educational Technology & Society*, 15(1), 38-52.
- Keller, J. M., & Suzuki, K. (1988). Use of the ARCS Motivation Model in courseware design. In D. H. Jonassen (Ed.), *Instructional*

- designs for microcomputer courseware* (pp. 401-434). Lawrence Erlbaum Associates.
- Lidz, C. S. (1987). *Dynamic assessment: An interactional approach to evaluating learning potential*. Guilford Press.
- Schunk, D. H., Pintrich, P. R., & Meece, J. L. (2014). *Motivation in education: Theory, research, and applications*. Pearson.
- Vaughn, S., & Wilson, C. (1994). Mathematics assessment for students with learning disabilities. In G. R. Lyon (Ed.), *Frames of reference for the assessment of learning disabilities* (pp. 459-472). Brookes Publishing.

