

# 年齡對國小學童使用虛擬實境交通安全學習系統之影響

## Impact of Age on the Use of Virtual Reality Traffic Safety Learning Systems by Primary

### School Children

楊雅婷<sup>1</sup>，賴冠廷<sup>1</sup>，周孟慶<sup>2</sup>，沈彤<sup>2</sup>，黃國豪<sup>2</sup>，楊晰勛<sup>1</sup>，李佳蓉<sup>3\*</sup>，陳品誌<sup>4</sup>

<sup>1</sup>國立雲林科技大學 數位媒體設計系

<sup>2</sup>國立雲林科技大學 智慧數據科學研究所

<sup>3</sup>國立雲林科技大學 通識教育中心

<sup>4</sup>國立雲林科技大學 資訊管理系人工智慧技優專班

\* leecr@yuntech.edu.tw

**【摘要】**本研究開發了一套高互動沉浸式虛擬實境交通安全學習系統，並探討年齡對國小學童之學習成效、學習滿意度、暈眩感及臨場感的影響。實驗對象為臺灣中部的兩間國小共 53 位學生，以學生年齡區分為 6 至 9 歲及 10 至 12 歲兩個組別進行比較。結果發現，年齡對國小學童學習交通安全的學習成效及學習滿意度有顯著影響，10 至 12 歲學童的學習滿意度及學習成效顯著優於 6 至 9 歲的學童，而臨場感與暈眩感則沒有顯著的差異。另外也發現，年齡與學習滿意度及學習成效均呈現正相關的關係。虛擬實境的臨場感也和滿意度間呈現正相關的關係。暈眩感則和其它構面都沒有相關性，平均值也不高，在可接受的範圍。

**【關鍵字】** 年齡；國小學童；虛擬實境；臨場感；暈眩感

**Abstract:** This study used a self-designed virtual reality traffic safety learning system to explore the effects of learning effectiveness, learning satisfaction, dizziness and sense of presence among primary school children of different ages. A total of 53 students from two primary schools in the central region were divided into two groups, aged 6 to 9 and 10 to 12 years old. It can be seen from the results that this teaching material has a significant impact on the learning effectiveness and learning satisfaction of primary school children, and it is found that age does affect learning satisfaction and learning effectiveness, and the sense of presence of virtual reality will also indirectly affect learning satisfaction and maintain a low sense of dizziness.

**Keywords:** Age, primary school children, Virtual reality, a sense of presence, Dizziness

## 1. 前言

當前虛擬實境（VR）技術的發展引起了教育領域的極大關注。對國小學童來說，VR 系統的使用效果與他們的年齡密切相關（Digennaro & Visocchi, 2024），虛擬實境逐漸融入教學現場的時代讓兒童和青少年的學習者身分有所改變，學習者以角色扮演與沉浸式體驗學習特定主題或時事，強調以身體素養建構中各種重要要素的發展，也能藉由沉浸感增加平面座標的感官反應（Cuturi et al., 2023），虛擬實境技術更是可以於不同類別的教育現場發揮一定效用，像是 Mariscal Vivas 等人（2020）研究如何提高救護員的實際操作技術，建立沉浸式虛擬實境技術讓實驗組學生模擬於交通緊急狀況進行急救訓練體驗，並設計一般虛擬實境桌面技術讓對照組學生在實驗室中模擬事故，比較是否加入沉浸式體驗，對救護員對活動的

滿意度和工具適用性為何，結果發現在虛擬實境融入沉浸式體驗的學習效果更好，這與 Salameh 等人（2024）提高護理教育中滿意度、自信心和表現的干預措施的研究結果有相似之處，若在護理師培訓課程中適當加入 VR 模擬技術，能為護理學生提供了一個安全且有效的教學環境，又或者 Alsswey 等人（2024）將 VR 重力草圖工具應用於建築設計的大學課程，提升學生對課程教材的可用性和適用性滿意度，比起傳統草圖工具的大學課程，使用 VR 重力草圖工具的學生更能提升自我效能與學習策略，增加建築設計學生的模擬訓練效果。由上述可知，若將 VR 模擬技術與傳統教學活動結合，除了可以減少教材準備不便、實作課程體驗效果有限及臨床課程難以控制等問題產生，更能利用 VR 技術模擬更多現實中較不易發生的特殊事件與場景，改善實做所面臨的體驗限制問題，故本研究為自行設計之國小學童虛擬實境交通安全學習系統中，增加沉浸式體驗與沉浸式評量，讓學童在學習國內交通安全的課題中能換為思考，理解行人與駕駛者皆應注意的行車安全問題，並提升道路防範意識，行人與駕駛者的用路安全。

不同年齡對 VR 系統的教學感受差異甚遠，例如 Cao 等人（2024）在少數民族聚集區的兩所學校，分別找 73 名小學四年級學生和 86 名國中二年級學生，比較不同年齡對虛擬實境科技教育的體驗差異，結果發現小學生會因為沉浸感與想像力增加學習成效，中小學生皆對提升問題解決能力與自我效能感有顯著影響，且同時擁有極高的科技接受度，不會因為新穎科技融入教學現場而影響學生學習行為，反而提升學生的素養表現。即便是職業類科的學生也會因擴增實境融入沉浸體驗，提升機械工程專業的技術，Conesa 等人（2024）的研究在車床實際操作課程上加入沉浸式擴增實境，除提升學生的學習成效外，同時減少學生在此類課程的危險程度。雖然沉浸式虛擬實境是加強車床操作訓練的寶貴工具，提供引人入勝且真實的體驗，但部分使用者提出有輕微頭暈等身體不適的症狀，暈眩症等問題在 Cao 等人（2024）對國小學生的沉浸虛擬實境的體驗也有發現，暈眩感的出現是直接或間接影響學習成效或學習情緒的重大問題之一，在 Lonne 等人（2023）的研究就提到，增加沉浸感的擴增實境，能正面提高培訓課程的臨場感與學習成效，也會因為沉浸感的提升而增加正面情緒的產生，例如幸福感等情感，但暈眩感的出現會降低幸福感的產生，進而影響使用沉浸式擴增實境的情感效果，針對上述提及的暈眩問題，應於設計沉浸感虛擬實境的同時，注意避免或減少暈眩感等不良問題的產生，故本研究為了檢測所設計之國小學童虛擬實境交通安全學習系統的暈眩感受狀況，將實驗對象分為 10-12 歲及 6-9 歲兩個年齡層進行比較，理解暈眩感是否會因年齡差異而有所影響。

本研究以交通部（2022）的交通安全教育指引手冊，行人用路安全、大車行駛危機及道路交通設施與通行路權為學習內容，設計了一套具備相關知識且結合沉浸式虛擬實境的國小學童虛擬實境交通安全學習系統，並探討下列研究問題：

- (1).不同年齡層的國小學童使用 VR 交通安全學習系統的學習滿意度是否有顯著差異？
- (2).不同年齡層的國小學童使用 VR 交通安全學習系統的學習成效是否有顯著差異？
- (3).不同年齡層的國小學童使用 VR 交通安全學習系統的臨場感是否有顯著差異？
- (4).不同年齡層的國小學童使用 VR 交通安全學習系統的暈眩感是否有顯著差異？
- (5).小學學童的年齡對於使用本研究所設計之交通安全 VR 系統時學習滿意度、學習成效、臨場感及暈眩感之間的關係為何？

## 2.系統介紹

### 2.1.1 學習目標

本研究系統為國小學童所設計的虛擬實境交通安全學習系統，設計原理是將交通安全教學與肢體行為進行結合，並利用角色扮演與虛擬故事模擬實際道路上可能發生的一切事故與危機，學生操作如圖 1 (A)部分所示，以此達成以下的學習目標：

(1).理解交通規則的重要性：將現實交通規則轉化為虛擬故事情境，透過實際體驗事件，讓學童能深刻理解規則並應用於生活中。

(2).體驗駕駛員視角的挑戰：讓學童以駕駛員的角度模擬公車視線盲區及車道突發狀況，除學習常見號誌的識別與應用外，讓學童注意大車視線盲區的重要性，以便在現實生活中學會避免此類危險發生。

(3).提升反應能力：在體驗環節中增加部分突發情境，例如行人闖入車道或急煞等情況，訓練學童如何在發生緊急事故時能快速且正確地應對，以此了解事故的危險性。

(4).強化行人安全行為：讓學童透過虛擬實境中模擬行人違規穿越馬路等事件，指導學童了解該如何安全並正確穿越馬路，並學習避開危險區域，學會解讀交通標誌和標線，建立正確的行人用路安全意識。

## 2.2 硬體設備

本研究系統之硬體設備為虛擬實境頭戴顯示器，也就是 Meta Quest 2，讓學童能夠透過雙眼清晰觀察交通標誌、地面標示及其他細節，以動作追蹤裝置，也就是 Oculus Touch 控制器，以雙手控制把手實現手勢追蹤功能，並透過內建喇叭重現實生活会聽到的車輛喇叭聲及急煞聲，增加學童在體驗時的方向感知，硬體設備如圖 1 (B)部分所示。

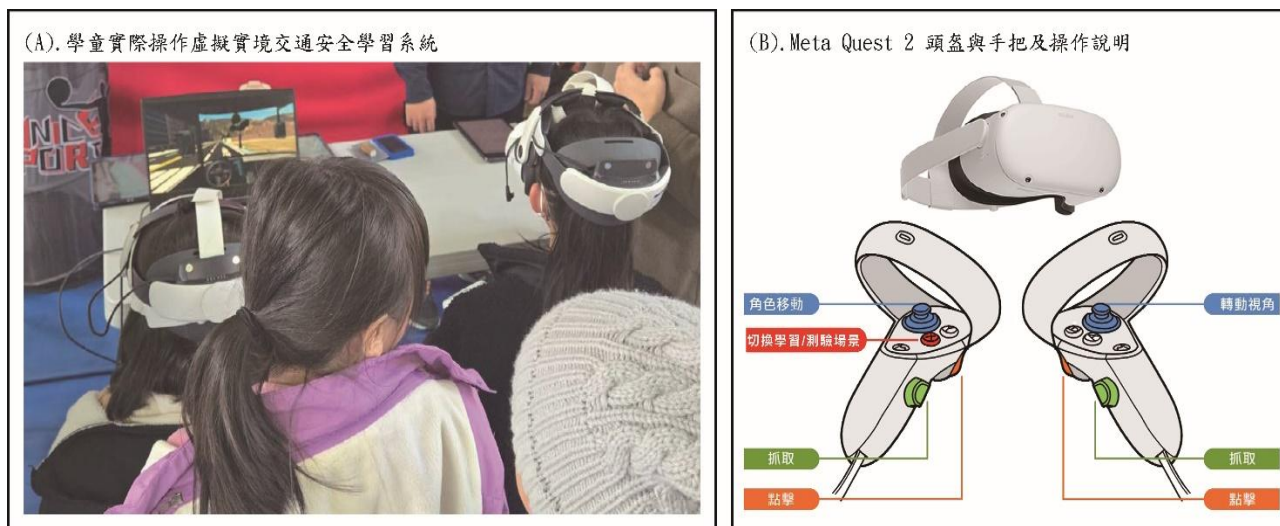


圖 1 學生操作虛擬實境交通安全學習系統及 Meta Quest 2 頭盔與手把的操作說明

## 2.3 场景设计

本研究系統之場景設計以針對不同的學習目標設計三個模擬場景進行定制化開發，分別為都市公車駕駛場景、高速公路駕駛場景及綜合評量密室逃脫場景，場景設計如圖 2 所示，以下針對各式場景與學習重點逐一說明：

(1).都市公車駕駛場景：從公車駕駛員視角行駛於虛擬都市場景，讓學童了解公車內部結構及駕駛視野，特別是駕駛座周邊的盲區情況，以及模擬駕駛轉彎時的實時交通狀況，指導學童在道路與轉彎時的盲區範圍，以及理解自我保護與行駛的應對策略為何。

(2).高速公路駕駛場景：從公車駕駛員視角行駛於高速公路場景，透過高度還原高速行車場景，結合開窗、強風、高速行駛與急煞等挑戰，提升學童認識高速公路上見的號誌與標線規則，並提升在高速行駛的正確應對概念。

(3).綜合評量密室逃脫場景：將虛擬都市場景與高速公路場景結合密室逃脫規則，讓學童在遊戲化情境評量場景進行答題，並參考核心素養的概念，將虛擬與實際案例結合，讓學童在體驗模擬事故時檢視所學的知識並牢記，以預防現實生活可能遭遇的危機。



圖 2 都市公車駕駛場景、高速公路駕駛場景及綜合評量密室逃脫場景畫面

### 3.研究方法

#### 3.1 研究對象

本研究之研究對象與資料分析方法，研究對象為中部地區某國小共 53 位學童，其中男生為 34 人，女生為 19 人，年齡介於 6 至 12 歲之間，其中 6-9 歲為 18 人，10-12 歲為 35 人。

#### 3.2 實驗流程

本研究之實驗流程如圖 3 所示，整個實驗共進行約 25 分鐘，分為 6~9 歲及 10~12 歲兩組，包含操作講解 5 分鐘、VR 體驗 15 分鐘，以及填寫問卷表單 5 分鐘。問卷內容涵蓋學習滿意度（評估對實驗的整體感受）、臨場感（測量 VR 體驗的沉浸程度與真實感受）、暈眩感（了解體驗過程中是否有不適反應）及交通安全測驗（檢驗對交通安全知識的掌握）。

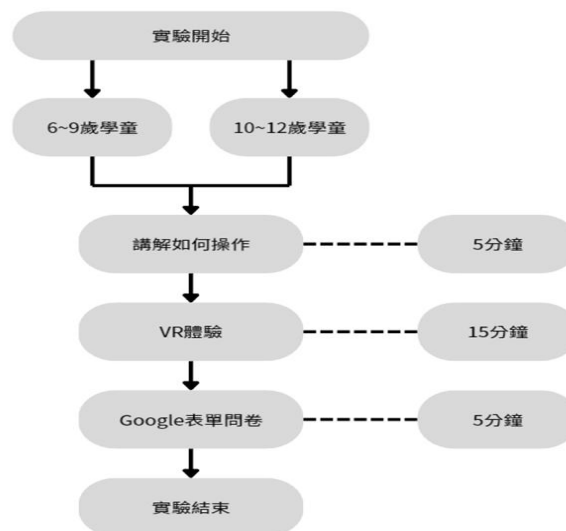


圖 3 實驗流程圖

#### 3.3 研究工具

本研究之研究工具分為一套虛擬實境交通安全學習系統，一份有關學習滿意度、臨場感與暈眩感問卷，以及交通安全學習評量，其內容如下所示：系統為自行設計之虛擬實境交通

安全學習系統，以操作虛擬實境頭戴顯示器 Meta Quest 2，進行虛擬城市與高速公路場景體驗公車在現實常見之道路號誌與規範，學習發生突發狀況與事故時應如何預防，以行為體驗建立道路駕駛與行人用路安全意識，虛擬實境交通安全學習系統工具詳細說明請詳閱第三章系統介紹；學習滿意度問卷參考至 Chu 等人（2010）所提出的學習滿意度量表，此量表一共十題，臨場感問卷參考至 Hwang 等人（2022）所提出的臨場感量表，此量表一共五題，暈眩感問卷參考至陳昕昊（2024）所提出的暈眩症量表，此量表一共五題，三份問卷皆以李克特五點量表所示，其中 5 分為「非常同意」，1 分為「非常不同意」；交通安全學習評量參考至交通部（2022）的交通安全教育指引手冊，第二章節 6-17 歲兒童及少年交通事故概況的用路人角色與交通事故說明，並依據交通安全教育課程架構規劃進行文字題目設計，因應教育部推廣提升核心素養能力，本研究參考教育部（2021）十二年國教課程綱要總綱，在國小社會領域的「校園安全」與「家鄉運輸」兩個單元中結合情境式評量，讓學童以情境題目替代文字題目，加深交通安全的重要性與生活應用能力。

### 3.4 資料分析

本研究採用獨立樣本  $t$  檢定檢測不同年齡層的國小學童學習滿意度、學習成效、臨場感與暈眩感是否有所差異，以皮爾森積差相關分析年齡與學習滿意度、學習成效、臨場感與暈眩感是否有正負相關性。

## 4. 結果與討論

本研究之研究結果如下，會先以信度分析檢查學習滿意度、臨場感與暈眩感問卷的信度是否可信，再以獨立樣本  $t$  檢定分別分析年齡是否分別對學習滿意度、學習成效、臨場感與暈眩感有所差異，最後再以皮爾森積差相關分析年齡與學習滿意度、學習成效、臨場感與暈眩感的相關程度。

### 4.1 學習滿意度、臨場感與暈眩感問卷信度分析結果

信度分析的結果如表 1 所示，學習滿意度、臨場感與暈眩感的 Cronbach's Alpha 值均大於 0.8，顯示本研究的信度相當良好。整體而言學生的學習滿意度( $M=4.645$ )與臨場感( $M=4.121$ )分數不錯，且暈眩感( $M=2.464$ )的感受不高，不過學生間個別差異較大( $SD=1.414$ )。

表 1 實驗對象之描述性統計

| 構面    | 題數 | Cronbach's Alpha 值 | 平均數   | 標準差   |
|-------|----|--------------------|-------|-------|
| 學習滿意度 | 10 | 0.891              | 4.645 | 0.582 |
| 臨場感   | 5  | 0.810              | 4.121 | 1.019 |
| 暈眩感   | 5  | 0.918              | 2.464 | 1.414 |

### 4.2 不同年齡層國小學童的學習滿意度結果

採用獨立樣本  $t$  檢定確認不同年齡層的國小學童對使用虛擬實境交通安全學習系統之學習滿意度差異，結果如表 2 所示。從結果可以發現 10-12 歲的學童在學習滿意度顯著高於 6-9 歲的學童 ( $t=2.382, p<.05$ )，顯示此系統對 10-12 歲的學童在學習交通安全的效果更好，針對此結果的推測是年紀稍大的學童在使用科技的熟練度與接受度較高，但也能因年紀稍小的學童人數較少所導致，未來可再增加低年齡層的實驗對象以驗證其差異。

表 2 不同年齡層的國小學童學習滿意度結果

| 構面    | 年齡      | 樣本數 | 平均數   | 標準差   | $t$    |
|-------|---------|-----|-------|-------|--------|
| 學習滿意度 | 10-12 歲 | 35  | 4.809 | 0.309 | 2.382* |

|       |    |       |       |
|-------|----|-------|-------|
| 6-9 歲 | 18 | 4.328 | 0.827 |
|-------|----|-------|-------|

\* $p < .05$

#### 4.3 不同年齡層的國小學童的學習成效結果

採用獨立樣本  $t$  檢定確認不同年齡層的國小學童對使用虛擬實境交通安全學習系統之學習成效差異，結果如表 3 所示。從結果可以發現 10-12 歲的學童在學習成效顯著高於 6-9 歲的學童 ( $t = 3.203, p < .01$ )，10-12 歲的學童之平均數高達 82.29 分，遠遠高於 6-9 歲的學童的 66.67 分，顯示此系統對 10-12 歲的學童在學習交通安全成績更好，針對此結果推測不排除年紀稍大的學童可能比年齡稍小的學童有較多交通安全的先備知識，故未來可再增加前測進行排除以驗證其差異。

表 3 不同年齡層的國小學童學習成效結果

| 構面   | 年齡      | 樣本數 | 平均數   | 標準差    | $t$     |
|------|---------|-----|-------|--------|---------|
| 學習成效 | 10-12 歲 | 35  | 82.29 | 16.104 | 3.203** |
|      | 6-9 歲   | 18  | 66.67 | 18.150 |         |

\*\* $p < .01$

#### 4.4.不同年齡層的國小學童的臨場感結果

採用獨立樣本  $t$  檢定確認不同年齡層的國小學童對使用虛擬實境交通安全學習系統之臨場感差異，結果如表 4 所示。從結果發現不同年齡並未影響臨場感的差異 ( $t = 0.844, p > .05$ )，針對此結果的推測是可能年齡劃分較模糊且人數差異過大所導致，但不論是哪個年齡層的學童都有較高的平均數與較低的標準差，故未來可調整實驗對象年齡的劃分並增加人數以驗證其差異。

表 4 不同年齡層的國小學童臨場感結果

| 構面  | 年齡      | 樣本數 | 平均數   | 標準差   | $t$   |
|-----|---------|-----|-------|-------|-------|
| 臨場感 | 10-12 歲 | 35  | 4.206 | 0.924 | 0.844 |
|     | 6-9 歲   | 18  | 3.956 | 1.193 |       |

#### 4.5.不同年齡層的國小學童的暈眩感結果

採用獨立樣本  $t$  檢定確認不同年齡層的國小學童對使用虛擬實境交通安全學習系統之暈眩感差異，結果如表 5 所示。從結果發現不同年齡並未影響暈眩感的差異 ( $t = -1.172, p > .05$ )，針對此結果的推測是可能年齡劃分較模糊且人數差異過大所導致，僅有 6-9 歲學童的平均數 2.511，可能是不同年紀感受的體驗時長與接受度有所差異，也可能是不同年齡的實驗對象人數有所差距導致差距不明顯，故未來可調整實驗對象年齡的劃分並增加人數以驗證其差異。

表 5 不同年齡層的國小學童暈眩感結果

| 構面  | 年齡      | 樣本數 | 平均數   | 標準差   | $t$    |
|-----|---------|-----|-------|-------|--------|
| 暈眩感 | 10-12 歲 | 35  | 2.440 | 1.507 | -1.172 |
|     | 6-9 歲   | 18  | 2.511 | 1.252 |        |

#### 4.6.小學學童的年齡對學習滿意度、學習成效、臨場感及暈眩感的關係結果

針對年齡對學習滿意度、學習成效、臨場感及暈眩感進行皮爾森積差相關分析，結果如表 6 所示。分析結果指出年齡對學習滿意度 ( $r = 0.296, p < .05$ ) 和學習成效有顯著正相關 ( $r = 0.398, p < .01$ )，且學生對臨場感的感受會正面影響學習滿意度 ( $r = 0.282, p < .05$ )。根據

上述分析結果推斷，年齡對臨場感與暈眩感的相關性不高，且發現暈眩感對年齡、學習滿意度、學習成效、臨場感皆無任何影響，由此推斷暈眩感對使用此系統的學習效果毫無關聯。

表 6 國小學童的年齡對學習滿意度、學習成效、臨場感及暈眩感之關係結果

| 相關性   | 年齡      | 學習滿意度  | 臨場感   | 暈眩感    | 學習成效 |
|-------|---------|--------|-------|--------|------|
| 年齡    | 1       |        |       |        |      |
| 學習滿意度 | 0.296*  | 1      |       |        |      |
| 臨場感   | 0.170   | 0.282* | 1     |        |      |
| 暈眩感   | -0.014  | -0.150 | 0.223 | 1      |      |
| 學習成效  | 0.398** | 0.232  | 0.105 | -0.173 | 1    |

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

## 5. 結論與建議

根據研究結果得知，10-12 歲學童在使用本研究系統為國小學童所設計的虛擬實境交通安全學習系統後的學習成效與學習滿意度顯著高於 6-9 歲學童，與 Ou 等人（2021）、Cao 等人（2024）及 Alazmi 與 Alemtairy（2024）等的研究結果有些許相關，皆有極高的學習滿意度與學習成效，但在臨場感與暈眩感兩個構面並無顯著差異，而在國小學童的年齡對學習滿意度、學習成效、臨場感及暈眩感之相關結果可以發現，學童的年齡會直接且正向的影響虛擬實境教學的學習滿意度與學習成效，但臨場感與暈眩感兩個構面並不受年齡差異有所影響，這與 Cao 等人（2024）及 Chin 與 Wang（2024）的研究有所差異，本研究也發現學童對虛擬實境的臨場感會直接且正向影響學習滿意度，在 Mariscal Vivas 等人（2020）及 Chen 與 Liao（2022）的研究有類似結果，表示場景的細緻程度對使用者有一定的影響力，根據上述發現的結果，推測其結果產生有以下幾點原因，其一是為實驗對象的年齡區間較廣且人數不均，故導致整個結果不顯著，其二為進行課程規劃時，並未考量不同年齡在操作上消耗與接受的時常不同，導致實際實驗時發現時間會些許影響每位學童體驗感受，進而影響學習效果不佳。

所以應針對上述問題，本研究針對國小學童的虛擬實境交通安全學習系統之未來研究後續提出方向。未來可將實驗對象拆分成國小高年級組、中年級組及低年級組，進行實驗組與對照組的長期研究，探討不同年級在使用虛擬實境交通安全學習系統的差異為何，同時增加認知負荷或交通安全知識前測等，探討是否能降低國小學童對交通安全的認知負荷，以及提升學童對交通安全的學習成效與認知等差異。

## 誌謝

本研究感謝臺灣教育部「113 年虛擬實境教學應用教材開發與教學實施計畫」之經費支持，計畫編號為：113-V12。

## 參考文獻

交通部 (2022)。交通安全教育指引手冊。取自 <https://168.motc.gov.tw/theme/teach/post/2209071540400>

陳昕昊 (2024)。虛擬療癒庭園之漫遊體驗—高齡者之空間行為與健康效益評估。國立臺灣大學園藝暨景觀學系學位論文。臺北市，臺灣。

教育部（2021）。十二年國教課程綱要總綱。取自

<https://www.naer.edu.tw/PageSyllabus?fid=52>

- Alazmi, H. S., & Alemtairy, G. M. (2024). The effects of immersive virtual reality field trips upon student academic achievement, cognitive load, and multimodal presence in a social studies educational context. *Education and Information Technologies*, 1-23.
- Alsswey, A., Malak, M. Z., & El-Qirem, F. A. (2024). Effect of virtual reality on perceptions of usability, suitability, satisfaction, and self-efficacy among architecture and design university students. *Architectural Science Review*, 1–9. <https://doi.org/10.1080/00038628.2024.2338212>
- Cao, S., Chu, J., Zhang, Z., & Liu, L. (2024). The effectiveness of VR environment on primary and secondary school students' learning performance in science courses. *Interactive Learning Environments*, 1-17. <https://doi.org/10.1080/10494820.2024.2312921>
- Chen, H. L., & Liao, Y. C. (2022). Effects of panoramic image virtual reality on the workplace English learning performance of vocational high school students. *Journal of Educational Computing Research*, 59(8), 1601-1622. <https://doi.org/10.1177/0735633121999851>
- Chin, K. Y., & Wang, C. S. (2024). The effectiveness of a VR-based mobile learning system for university students to learn geological knowledge. *Interactive Learning Environments*, 32(8), 4281-4296. <https://doi.org/10.1080/10494820.2023.2196790>
- Chu, H. C., Hwang, G. J., Tsai, C. C., & Tseng, Judy C. R. (2010). A two-tier test approach to developing location-aware mobile learning systems for natural science courses. *Computers & Education*, 55(4), 1618-1627. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.07.004>
- Conesa, J., Martínez, A., Mula, F., & Contero, M. (2024). Learning by doing in vr: A user-centric evaluation of lathe operation training. *Electronics*, 13(13), 2549. <https://doi.org/10.3390/electronics13132549>
- Cuturi, L. F., Cooney, S., Cappagli, G., Newell, F. N., & Gori, M. (2023). Primary Schoolers' Response to a Multisensory Serious Game on Cartesian Plane Coordinates in Immersive Virtual Reality. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 26(8), 648-656. <https://doi.org/10.1089/cyber.2022.0209>
- Digennaro, S., & Visocchi, A. (2024). Nurturing Body Literacy: Transforming Education in the Virtual Reality Era to Shape Children's Identities and Redefine Educator Roles. *Education Sciences*, 14(3), 267. <https://doi.org/10.3390/educsci14030267>
- Hwang, G. J., Chang, C.C., & Chien, S.Y. (2022). A motivational model-based virtual reality approach to prompting learners' sense of presence, learning achievements, and higher-order thinking in professional safety training. *British Journal of Educational Technology*, 53(5), 1343-1360. <https://doi.org/10.1111/bjet.13196>
- Lonne, T. F., Karlsen, H. R., Langvik, E., & Saksvik-Lehouillier, I. (2023). The effect of immersion on sense of presence and affect when experiencing an educational scenario in virtual reality: A randomized controlled study. *Heliyon*, 9(6). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17196>
- Mariscal Vivas, G., Jiménez García, E., Vivas Urías, M. D., Redondo Duarte, S., & Moreno Pérez, S. (2020). Virtual reality simulation-based learning.
- Ou, K. L., Chu, S. T., & Tarng, W. (2021). Development of a virtual wetland ecological system using VR 360 panoramic technology for environmental education. *Land*, 10(8), 829. <https://doi.org/10.3390/land10080829>