
擴增實境在科學教育的研究趨勢： 2005～2017 年學術文獻回顧

林佳穎^{1*} 邱美虹¹ 林佳弘²

¹國立臺灣師範大學 科學教育研究所

²國立中山大學 教育研究所

摘 要

本研究從使用目的、設計理論、教學功能與教學設計四個面向分析擴增實境在科學教育領域使用之現況，選定 42 篇於 2005 年至 2017 年間發表在科學教育領域之擴增實境文獻進行分析。研究結果發現，擴增實境之使用目的可分類為注重於真實性、注重於情境脈絡、注重於投入性、注重於輔助鷹架與注重於個別化等 5 種；擴增實境之設計理論可分類為多媒體學習理論、多重表徵理論、空間能力理論、情境學習理論、遊戲學習理論、鷹架理論、建模理論、探究學習理論等 8 種；擴增實境提供的教學功能可分類為將概念可視化、提供 3D 虛擬、模擬情境、提供沉浸感、探究實作、小組合作、建立模型、技術練習、個別化設計等 9 種教學功能；教學設計方面發現近 7 成之研究會於教學中使用特定教學策略，近年來研究多採用手持載具，並有結合新興科技之相關研究。本研究建議未來研究者可從使用目的去思考擴增實境融入教學的必要性，並能基於特定理論發展擴增實境，且能瞭解開發之擴增實境具有哪些教學功能，最後設計出適宜的教學活動以展現擴增實境之功用，期望能提供未來研究者規劃與設計擴增實境的教學研究之參考。

關鍵詞：科學教育、科學學習、擴增實境

壹、緒論

一、研究動機與目的

「擴增實境」一詞是 Azuma 於 1997 年所提出，他將擴增實境定義為一種科技，可以將 3D 虛擬物件整合於真實的情境，且具有「結合虛擬與真實世界」、「即時互動」與「運作於 3D 環境中」這三種特色。

2010 年與 2012 年「地平線報告(The Horizon Report)」預測 5 年內擴增實境將會被教育領域所採用，提出擴增實境發展至今有數十年的歷史，因為近年來移動裝置與相關技術的進步，使得擴增實境的使用門檻降低，而且擴增實境能提供深度學習、互動學習、探究學習、情境學習，以及能呈現過大、過小或難以操作的物件，所以在教育領域是極具潛力的(Johnson,

* 為本文通訊作者

Adams, Cummins, Estrada, Freeman, & Ludgate, 2012; Johnson, Levine, Smith, & Stone, 2010)。如地平線報告(The Horizon Report)所預測，近年來教育領域中使用擴增實境之研究如雨後春筍冒出，這些研究於語文、自然與社會等各種學科中融入擴增實境技術，研究結果也多顯示擴增實境對教學具有正面的影響(Atwood-Blaine & Huffman, 2017; Estapa & Nadolny, 2015; Gnidovec, Žemlja, Dolenc, & Torkar, 2020; Vega Garzón, Magrini, & Galembeck, 2017)。為瞭解擴增實境的發展趨勢，近年來國外有許多關於擴增實境之回顧論文發表 (Akçayır & Akçayır, 2017; Bacca, Baldiris, Fabregat, & Graf, 2014; Chen, Liu, Cheng, & Huang, 2017; Tsai, Shen, & Fan, 2014)，這些回顧研究從技術面及教學面來分析擴增實境的使用現況，多認為擴增實境在教育領域極具潛力，也提出擴增實境未來發展的可能性，值得注意的是 Arici、Yildirim、Calıklarc 和 Yilmaz (2019)回顧 2013 年至 2018 年發表之擴增實境研究，發現這些研究多使用科學教育與科學學習做為關鍵字，顯示出擴增實境在科學教育領域中是特別地蓬勃發展。基於以上資料，本研究想聚焦於瞭解擴增實境在科學教育領域使用之現況，並分析與討論先前回顧文獻較少提及之議題，選定 2005 年至 2017 年間發表科學教育領域之 42 篇擴增實境文獻進行數據化分析，從使用目的、設計理論、教學功能與教學設計 4 大面向分析之，期望本研究能提供未來研究者在開發擴增實境

系統與設計教學模式之參考。

二、研究問題

為瞭解擴增實境在科學教育領域的使用現況，本研究的研究目有以下 4 大向度，包含擴增實境的使用目的、擴增實境的設計理論、擴增實境的教學功能與教學時採用的教學設計。基於以上研究目的，本研究的研究問題如下：

- (一) 所挑選的擴增實境的文獻中，其使用目的有哪些？
- (二) 所挑選的擴增實境的文獻中，其設計理論有哪些？
- (三) 所挑選的擴增實境的文獻中，其教學之功能為何？
- (四) 所挑選的擴增實境的文獻中，其教學設計為何？

貳、擴增實境文獻回顧

一、擴增實境的定義

Milgramet 和 Kishino (1994)認為廣義的擴增實境定義是透過模擬提示增加使用者的自然回饋，同時也提及擴增實境是一種虛擬實境的形式，並且是透過使用頭戴式顯示器來觀看真實環境。Azuma(1997)提及擴增實境科技能透過頭戴式顯示器，將 3D 虛擬物件整合於真實的情境，且具有「結合虛擬與真實世界」、「即時互動」與「運作於 3D 環境中」這三種特色。Zhou 等人(2008)指出擴增實境是一種科技，能及時產生虛擬圖像，並且將圖像覆蓋在真實物件上。Yuen 和 Yaoyuneyong (2011)文

章指出，擴增實境是一種科技的泛稱，此科技可以讓電腦在真實情境中投影出文字影像或影片。Klopper 和 Squire (2008)提出擴增實境光譜的概念，認為擴增實境的提供訊息量如同光譜，輕度擴增實境會在真實環境中提供使用者較少量的虛擬信息，重度擴增實境則在真實環境中的提供大量虛擬信息輸入。Cheng 和 Tsai (2013)提出近年許多研究所使用的擴增實境系統並未呈現 3D 虛擬物件，因此擴增實境非必要提供 3D 虛擬物件或訊息在真實情境中。

由以上文獻可知，擴增實境的定義越來越廣泛，從一開始限定於頭戴裝置與 3D 虛擬影像，到近期則認為擴增實境可透過不同載具呈現，且可依使用者需求呈現出信息，且並非限定於 3D 虛擬影像。因此可知，擴增實境的定義是隨著時代的進步而有變化。

二、擴增實境的使用目的

科技始於人性，但使用擴增實境科技之目的性卻極少被討論，多數擴增實境回顧研究皆論及擴增實境對教學的助益 (Akçayır & Akçayır, 2017; Bacca et al., 2014; Chen et al., 2017; Cheng & Tsai, 2013; Radu, 2014; Wu et al., 2013)，但較少研究論及基於何種目的去使用擴增實境。本研究發現 Wu 等人(2013)回顧文章除了提及教學法可分為注重於學生角色、教學任務或位置等三類，並引申提及未來研究可以去重新思考情境化、真實性和投入感等三個教育上重要的議題。故本研究認為 Wu

等人(2013)提出之情境化、真實性和投入感等三大議題應可做為發展擴增實境之目的，即是可以將研究目的分為注重於真實性、注重於情境脈絡與注重於投入性等三類。此外，本研究也發現近年來有使用擴增實境來教導特殊學生學習科學之研究 (McMahon, Cihak, Gibbons, Fussell, & Mathison, 2013; McMahon, Cihak, Wright, & Bell, 2016)，這些研究透過科技提升特殊學生之科學學習成效，故本研究認為其研究目的應是注重於學生的個別需求；也發現有些研究設計出具有鷹架功能之擴增實境，並於擴增實境中設有提示系統，以期能逐步地提升各種程度學生的能力(Ibáñez, Di-Serio, Villarán-Molina, & Delgado-Kloos, 2015; Yoon, Elinich, Wang, Steinmeier, & Tucker, 2012)，故本研究認為其研究目的應是注重於提供輔助鷹架。基於以上資料，本研究認為擴增實境的使用目的應可以分為注重於真實性、注重於情境脈絡、注重於投入性、注重於輔助鷹架以及注重於個別化等五大類型。

三、擴增實境之設計理論

Cheng 和 Tsai (2013)之回顧性研究指出，基於圖像辨識的擴增實境 (Image-Based AR) 是透過圖像辨識呈現出 3D 物件，基於位置辨識的擴增實境 (Location-Based AR) 是透過定位系統(如網路或 GPS)，於特定位置呈現出相關訊息，而且基於圖像辨識的擴增實境可以提升空間能力、實作練習技巧及概念理解，而基於位置辨識

的擴增實境可以用以探究學習，故提出建議可以將心智模式理論、空間認知理論、情境認知理論及社會建構學習理論等理論，作為未來擴增實境相關研究之理論基礎。除了上述四種理論外，也有研究使用其他的理論做為設計基礎，Atwood-Blaine 和 Huffman (2017)以遊戲學習理論為基礎，於研究中設計擴增實境遊戲，透過對話式闖關遊戲來鼓勵學生參與科學；也有研究同時使用兩種理論，如 Montoya 等人(2017)研究同時使用到多媒體學習理論及多重表徵理論，基於以上兩種理論設計出靜態和動態內容的擴增實境，比較靜態和動態內容的呈現順序差異性對學生學習之影響；而 Chiang 等人(2014)研究除了基於多媒體學習理論設計出能同時呈現圖片與文字之擴增實境，並且基於探究學習理論，於擴增實境介面中提供了提問、調查、創造、分享與回饋等功能；Enyedy、Danish、DeLiema 和 David (2015)研究以建模理論為基礎，設計出一系列關於牛頓力學的擴增實境以及相關活動，以幫助學生構建意義。Ibáñez、Di-Serio、Villarán-Molina 和 Delgado-Kloos (2015)以鷹架理論為基礎設計出電學擴增實境，此擴增實境含有查詢系統可以提供學生鷹架支持，以提升學生的自我監控能力。基於以上資料，本研究認為擴增實境之設計理論基礎應可以分為多媒體學習理論、多重表徵理論、探究學習理論、空間能力理論、情境學習理論、鷹架理論、建模理論與遊戲學習理論。

四、擴增實境的教學功能

Azuma (1997)將擴增實境定義為一種科技，可以將 3D 虛擬物件整合於真實的情境，且具有「結合虛擬與真實世界」、「即時互動」與「運作於 3D 環境中」這三種特色。本節接下來要討論，除了「結合虛擬與真實世界」、「即時互動」與「運作於 3D 環境中」這三種特徵外，還有具有哪些可供教師參考的特徵。Shelton 和 Hedley (2002)文章提出擴增實境可以使用在天文學和地理學等科目，這些科目是難以從真實世界中體驗，而擴增實境教學可以將難以體驗的課程以可觀察的形式呈現出來。Yuen 和 Yaoyuneyong (2011)文章提出擴增實境適用於探究性的活動，可以幫助高層次的任務(high-level task)之完成，培養學生表徵轉換能力以建立合適的模型，以及培養創造力與論證能力。Cheng 和 Tsai (2013)的回顧性論文提出，基於圖像辨識的擴增實境可以提升空間能力、實作練習技巧及概念理解，而基於位置辨識的擴增實境可以用以探究學習。Wu 等人(2013)回顧文章提出擴增實境具有將學習內容以 3D 呈現、提供合作學習機會、提供情境學習機會、提供學習者存在感、即時感與沉浸感、將不可見物質可視化等等之特徵。也有研究認為擴增實境可以提供學生技術的練習，McMahon、Cihak、Gibbons、Fussell 和 Mathison (2013)讓學生透過擴增實境來反覆學習食物營養成分，並確定是否有過敏原；也有研究提出擴增實境可以提供學生的個別化需求，McMahon、Cihak、Wright

與 Bell (2016) 依據特殊學生的個別需求設計出科學詞彙 AR，協助學生學習科學詞彙。基於以上文獻，本研究認為擴增實境應具有將概念可視化、提供 3D 虛擬、模擬情境、提供沉浸感、探究實作、小組合作、建立模型、技術練習與個別化設計等教學功能。

參、研究方法

一、文獻篩選

為了解擴增實境在科學教育上的使用現況，本研究採選取 ERIC (Education Resources Information Center) 網站作為資料來源網站，以「Augmented reality」為關鍵字，限定具有審查機制的期刊論文，搜尋 2005 年至 2017 年間於科學教育領域發表之文章，包含生物、物理、化學、地球科學、環境科學、數學等科目，經篩選後發現有 42 篇文獻，本研究接下來將聚焦於 42 篇文獻作分析與報告。

二、資料編碼與分析

本研究編碼與分析過程分為三步驟，首先從文獻回顧之結果，初步訂定文章的編碼主項目為使用目的、設計理論、教學功能和教學設計 4 個向度，並選取幾篇文章進行初步的編碼分析，以修正編碼項目之內容。第二步驟，本研究於會議中與其他作者討論初步分析結果，並提出改進後

之編碼主項目與子項目內容，本研究之分析架構圖如圖一。第三步驟，編碼過程為了避免研究者的主觀因素，及求取在編碼上有更高的信度，本研究由兩位研究者對文章進行編碼。首先選取 5 份文章進行編碼分析，以確定兩位研究者編碼之標準一致。在編碼過程中，兩位研究者如有編碼結果之差異，會進行討論以達到共識，因此每一個主項目編碼之一致性至少達到 89% 上，具有高度一致性。

肆、研究結果與討論

本章的分析將聚焦於擴增實境的使用目的、擴增實境的設計理論、擴增實境之教學功能以及擴增實境之教學設計 4 大部分作分析。

一、擴增實境之使用目的

表 1 為擴增實境之使用目的分析表。從表 1 可知擴增實境研究中最多注重於真實性，次之為注重於情境脈絡以及注重於投入性、注重於輔助鷹架和注重於個別化。從分析結果發現科學教育領域中使用擴增實境的主要目的為注重於真實性，本研究推論應與科學之特質有關，科學概念較多具有抽象或是較不易觀察等特質，因此許多研究者會使用擴增實境將概念具體化與可視化，透過 3D 或是圖像以呈現出較真實的科學概念。

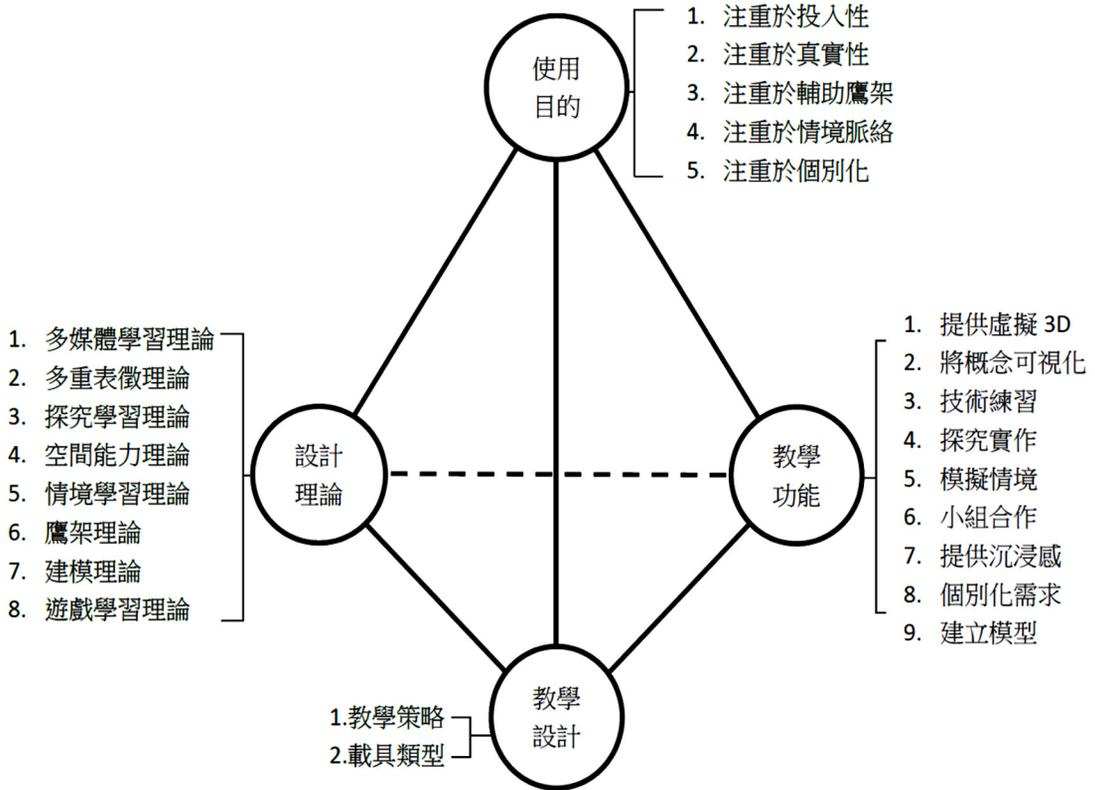


圖 1、分析架構圖

表 1、擴增實境之使用目的分析表

使用目的	篇數	比例%	文獻舉例
注重於真實性	16	38	Montoya, Díaz, & Moreno (2017)
注重於情境脈絡	9	21	Estapa, & Nadolny (2015)
注重於投入性	7	17	Lu, & Liu (2015)
注重於輔助鷹架	7	17	Woods, Reed, His, Woods, & Woods (2016)
注重於個別化	3	7	McMahon, Cihak, Wright, & Bell (2016)
總計	42	100%	

二、擴增實境之設計理論

表 2 為擴增實境之設計理論分析表。從表 2 可知約三成的研究文獻沒有提及設計擴增實境的設計理論，主要是利用擴增實境的可視化與虛擬 3D 功能，將概念呈現出來，因此並沒有特定的設計理論背景。例如 Lu 和 Liu (2015) 的研究設計了海洋教學 AR，透過電腦與投影機呈現出魚類影像，此擴增實境功能僅是呈現出海洋環境，用在教學中輔助學生學習。本研究並發現設計擴增實境最多的使用之理論為遊戲學習理論，接續為情境學習理論、多媒體學習理論以及空間能力理論。此外，本研究也發現全方位設計理論 (Universal Design for Learning)、自然互動學習理論 (natural interactive learning) 及限制混合理論 (liminal blends theory) 為先前文獻未提及，其中全方位設計理論多使用在特殊教

育領域，自然互動學習理論 (Enyedy, Danish, DeLiema, & David, 2015) 及限制混合理論 (Chiang, Sun, Lin, & Lee, 2017) 亦為參考其他領域之理論所提出，此發現也顯示出擴增實境也具有連結不同領域的潛力。

三、擴增實境之教學功能

表 3 為擴增實境之教學功能分析表。從表 3 可知擴增實境之教學功能最多為將概念可視化、提供 3D 虛擬及提供模擬情境，顯示出擴增實境在科教領域首要的功能與特徵是將 3D 虛擬物件整合於真實情境，此結果與 Azuma (1997) 提出之擴增實境特徵相同。而第 4 高的教學功能為探究實作，此發現可能顯示出科學教育領域的特質，科學領域比較需要讓學生具有探究問題與實際動手作的的能力。

表 2、擴增實境之設計理論分析表

擴增實境設計理論	篇數	比例%	文獻舉例
遊戲學習理論	7	16	Atwood-Blaine & Huffman(2017)
情境學習理論	4	9	Estapa & Nadolny (2015)
多媒體學習理論	3	7	Chiang et al. (2014)
空間能力理論	3	7	Hung, Chen, & Huang (2017)
探究學習理論	2	5	Hsiao, Chang, Lin, & Wang (2016)
多重表徵理論	2	5	Montoya, Díaz, & Moreno (2017)
建模理論	2	5	Woods, Reed, His, Woods, & Woods (2016)
鷹架理論	2	5	Ibáñez, Di-Serio, Villarán-Molina, & Delgado-Kloos (2015)
其他理論	4	9	McMahon et al. (2016)
無理論	15	34	Lu & Liu (2015)
總計	44	100%	

註: 1.本表篇數為 44 篇，因 Montoya 等人(2017)及 Chiang 等人(2014)研究同時使用兩種設計理論。

2.其他理論有無所不在學習理論、全方位設計理論、自然互動學習理論與限制混合理論。

表 3、擴增實境之教學功能分析表

教學功能	篇數	比例%	文獻舉例
將概念可視化	30	26%	Montoya, Díaz, & Moreno (2017)
提供 3D 虛擬	25	22%	Hung, Chen, & Huang (2017)
模擬情境	16	14%	Estapa, & Nadolny (2015)
探究實作	13	11%	Hsiao, Chang, Lin, & Wang (2016)
提供沉浸感	10	9%	Lu, & Liu (2015)
小組合作	8	7%	Yoon, & Wang (2014)
建立模型	7	6%	Woods, Reed, His, Woods, & Woods (2016)
技術練習	3	5%	McMahon, Cihak, Gibbons, Fussell, & Mathison (2013)
個別化需求	3	5%	McMahon, Cihak, Wright, & Bell (2016)
總計	115	100%	

註：1.本表篇數為 115 篇，因有研究同時具有兩種以上教學功能。

四、擴增實境之教學設計

本節將分析擴增實境的教學設計，重點為教學時研究者使用之教學策略以及使用之載具類型。分析結果顯示，研究者設計之教學策略包含探究式學習、合作學習、遊戲式學習、情境式學習、建構式教學、動手做、角色扮演、迷思概念、建模式教學、體感教學、翻轉教室、論證式教學以及無特定教學策略等 13 種類型，擴增實境之教學策略分析表如表 4。由分析結果可以得知近七成的研究會使用一種以上的教學策略，最多研究會採用探究式學習，接續為遊戲式學習和合作學習；也發現有部分研究在教學中同時使用多種教學法 (Bressler & Bodzin, 2013; Enyedy et al., 2015; Squire & Klopfer, 2007; Wang et al., 2014)。此外，也發現有 27% (13 篇) 的研究

未使用特定教學策略。分析未使用特定教學策略發現，這些研究通常在教學時將學生分成 AR 組與傳統組，在教學中使用擴增實境進行直接教學，例如 Hung 等人 (2017) 研究比較 AR 書籍組、實物組與傳統書籍組的差別，在教學中並未使用特定教學法，讓三組學生都使用傳統上課方式學習。本研究推論這些研究可能將擴增實境視為一種教學上可使用的科技，如同平板電腦或是互動式螢幕一般，因此僅利用擴增實境呈現出教學概念。載具類型部分，擴增實境載具分析表如表 5，分析結果顯示擴增實境的載具類型可分類為手持式載具、電腦與投影機、電腦與螢幕、電腦與 Kinect、電腦與頭戴式、電腦與 google glass 等六類，表 5 為擴增實境的載具類型分析表。由分析可以得知，在科教領域中高達

26 篇的研究是使用手持式載具，12 篇研究使用電腦與螢幕(或投影機)裝置，僅有 1 篇使用頭戴式裝置，早期研究使用的頭戴式裝置已非現代常用之載具，近期研究較多採用手持式載具，故本研究認為科技的進步增加擴增實境的可親近性，也降低擴增

實境的使用門檻，未來研究可以在此方面多加探討。本研究也發現有 3 篇研究將擴增實境結合 kinect 新興科技使用，顯示出擴增實境結合新興科技或許是未來發展的趨勢。

表 4、擴增實境之教學策略分析表

教學策略	篇數	比例%	文獻舉例
探究式學習	8	17	Chiang, Yang, & Hwang (2016)
遊戲式學習	5	10	Lu, & Liu (2015)
合作學習	5	10	Yoon, & Wang (2014)
情境式學習	4	8	Chang, Hsu, & Wu (2016)
建構式教學	3	6	Chang, Chung, & Huang (2016)
動手做	3	6	Chen, & Wang (2015)
角色扮演	2	4	Enyedy, Danish, Delacruz, & Kumar (2012)
其他策略	5	10	Enyedy, Danish, & DeLiema (2015)
無特定教學策略	13	27	Hung, Chen, & Huang (2017)
總計	48	100%	

註: 1.本表篇數為 48 篇，因有些研究使用兩種以上教學策略。

2.Bressler 和 Bodzin (2013)、Enyedy 等人(2015)、Squire 和 Klopfer(2007)、Wang、Duh、Li、Lin 和 Tsai(2014)、同時使用兩種以上教學策略。

3.其他策略包含迷思概念、建模式教學、體感教學、翻轉教室及論證式教學。

表 5、擴增實境的載具類型分析表

載具類型	篇數	比例%
手持式載具	26	62
電腦與螢幕	6	14
電腦與投影機	6	14
電腦與 Kinect	3	7
電腦與頭戴式	1	2
總計	42	100%

伍、結論與建議

一、結論

(一) 擴增實境的使用目的

首先在擴增實境使用目的部分，本文分析擴增實境之使用目的可以分為「注重於真實性」、「注重於情境脈絡」、「注重於投入性」、「注重於輔助鷹架」與「注重於個別化」共 5 個目的，其中呈現出真實物件為擴增實境最主要的使用目的，本研究推論應與科學之特質有關，科學概念較多具有抽象或是較不易觀察等特質，因此許多研究者會使用擴增實境將概念具體化與可視化，透過 3D 或是圖像以呈現出較真實的科學概念。

(二) 擴增實境的設計理論

本研究並分析與歸納出 8 種主要的擴增實境設計理論，包含「多媒體學習理論」、「多重表徵理論」、「空間能力理論」、「情境學習理論」、「遊戲學習理論」、「鷹架理論」、「建模理論」、「探究學習理論」，可供往後研究者用以設計擴增實境。其中遊戲學習理論是最多研究使用之理論，顯示出遊戲學習理論設計具有科學教學上的潛力，因此未來教學與研究也可朝此方向進行。此外，本研究也發現「全方位設計理論」、「自然互動學習理論」及「限制混合理論」為先前文獻未提及，其中全方位設計理論多使用在特殊教育領域、自然互動學習理論及限制混合理論亦為研究者參考其他領域之理論所提出，顯示出擴增實境也具有連結不同領域的潛力。本研究也發現近 4 成的研究文獻沒有提及設計擴增實境的設

計理論，也就是說這些研究比較傾向將擴增實境視為教學輔助工具，主要是利用擴增實境的可視化與虛擬 3D 功能，將概念呈現出來，因此並沒有特定的設計理論背景，多為輔助教學所使用。

(三) 擴增實境的教學功能

在教學功能部份，本研究歸納出「將概念可視化」、「提供 3D 虛擬」、「模擬情境」、「提供沉浸感」、「探究實作」、「小組合作」、「建立模型」、「技術練習」、「個別化設計」等 9 種教學功能，其中教學功能最常見為將概念可視化，接續為提供 3D 虛擬，以及提供模擬情境，此結果顯示出擴增實境在科教領域首要的功能與特徵，依舊如 Azuma 所言將 3D 虛擬物件整合於真實情境，第 4 高的教學功能為探究實作，這可能顯示出科學教育領域的特質，科學領域比較需要讓學生具有探究問題與實際動手作的能力。

(四) 擴增實境的教學設計

在教學策略部分，本研究發現約 3 成的研究未使用特定教學策略，傾向將擴增實境視為教學輔具，亦發現近 7 成的研究會使用一種以上的教學策略，顯示出科教領域多會將擴增實境結合教學理論使用，較多研究會將擴增實境與「探究式學習」、「遊戲式學習」和「合作學習」做結合。載具類型部分，近期研究較多採用手持式載具，較少採頭戴式載具，並發現有 3 篇研究結合 kinect 新興科技，此結果顯示出擴增實境結合新興科技或許是未來發展之趨勢。

二、建議

科技的進步提升了擴增實境的可近性，使得研究者更容易發展出有效的擴增實境系統，而行動載具的普及也增進了擴增實境運用的便利性，使得研究者更容易進行大樣本之研究，因此關於擴增實境融入科學教育之研究持續不斷地產出。近年來這些較大樣本的實證研究，證實了擴增實境在科學教育領域中的有效性，較傳統教學法更能提升學生的學習成效、學習動機、合作能力與自信心等 (Atwood-Blaine & Huffman 2017; Chiang et al., 2014; Estapa & Nadolny, 2015; Lu & Liu, 2015; Sahin, & Yilmaz, 2020)。本研究認為已經有大量的研究支持擴增實境在教學上的有效性，因此建議未來研究者應該去謹慎去思考使用擴增實境教學之原因、目的性以及預期成效。

本研究提出擴增實境使用目的、設計理論、教學功能與教學設計之統計表，可提供未來研究者規劃擴增實境之教學研究的參考。建議未來研究者可以從使用目的、設計理論、教學功能與教學設計等 4 大方向思考如何使用擴增實境於科學教育領域，首先從使用目的思考擴增實境融入教學的必要性，並能基於特定理論發展擴增實境，瞭解設計出來的擴增實境具有哪些教學功能，最後設計出適宜的教學活動以展現出擴增實境之功用。例如研究者使用擴增實境之目的如為提升學生之投入性，其擴增實境設計理論可參考遊戲學習理論，設計出具有挑戰性、目標性與問題解決等性質之擴增實境，以提升學生的存在感、即時

感與沉浸感，最後在教學中可以採用角色扮演、遊戲式學習與體感教學等方式進行，以達到提升學生投入性之結果。

三、研究限制

因本研究限定於回顧科學教育領域之擴增實境相關文獻，其研究之設計與教學皆因應科學概念特質所發展，故不宜過度推論至其他教學領域。此外，本文研究回顧之文獻是從 ERIC 數據庫中所篩選出來的，因此可能無法完全包含擴增實境在科學教育中領域的最新研究，但本研究確實提出了擴增實境相關的趨勢和潛在的研究方向。最後，因為擴增實境原本即是虛擬實境 (VR) 和 3D 物件的延伸，在教學應用與研究中不容易明確分割，故本研究採用之文獻雖為擴增實境研究，惟部分研究較為著重與虛擬實境 (VR) 和 3D 物件之應用。

陸、參考文獻

(打*號為本研究選取之文獻)

- Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, 20, 1-11.
- Arici, F., Yildirim, P., Caliklar, Ş., & Yilmaz, R. M. (2019). Research trends in the use of augmented reality in science education: Content and bibliometric mapping analysis. *Computers & Education*, 142, 103647.
- *Atwood-Blaine, D., & Huffman, D. (2017). Mobile gaming and student interactions in a science center: the future of gaming in science education. *International journal of science and*

- mathematics education*, 15(1), 45-65.
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence*, 6(4), 355-385.
- Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., & Graf, S. (2014). Augmented Reality Trends in Education: A Systematic Review of Research and Applications. *Journal of Educational Technology & Society*, 17(4), 133-149.
- *Beckett, K. L., & Shaffer, D. W. (2005). Augmented by reality: The pedagogical praxis of urban planning as a pathway to ecological thinking. *Journal of Educational Computing Research*, 33(1), 31-52.
- Bell, T., Urhahne, D., Schanze, S., & Ploetzner, R. (2010). Collaborative inquiry learning: Models, tools, and challenges. *International journal of science education*, 32(3), 349-377.
- Billinghurst, M. (2002). Augmented reality in education. *New horizons for learning*, 12(5), 1-5.
- *Bressler, D. M., & Bodzin, A. M. (2013). A mixed methods assessment of students' flow experiences during a mobile augmented reality science game. *Journal of Computer Assisted Learning*, 29(6), 505-517.
- *Buesing, M., & Cook, M. (2013). Augmented reality comes to physics. *The Physics Teacher*, 51(4), 226-228.
- *Cai, S., Chiang, F. K., Sun, Y., Lin, C., & Lee, J. J. (2017). Applications of augmented reality-based natural interactive learning in magnetic field instruction. *Interactive Learning Environments*, 25(6), 778-791.
- *Cascales-Martínez, A., Martínez-Segura, M. J., Pérez-López, D., & Contero, M. (2016). Using an augmented reality enhanced tabletop system to promote learning of mathematics: A case study with students with special educational needs. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(2), 355-380.
- *Chang, H. Y., Hsu, Y. S., & Wu, H. K. (2016). A comparison study of augmented reality versus interactive simulation technology to support student learning of a socio-scientific issue. *Interactive learning environments*, 24(6), 1148-1161.
- *Chang, H. Y., Wu, H. K., & Hsu, Y. S. (2013). Integrating a mobile augmented reality activity to contextualize student learning of a socioscientific issue. *British Journal of Educational Technology*, 44(3), E95-E99.
- *Chang, R. C., Chung, L. Y., & Huang, Y. M. (2016). Developing an interactive augmented reality system as a complement to plant education and comparing its effectiveness with video learning. *Interactive Learning Environments*, 24(6), 1245-1264.
- *Chen, C. P., & Wang, C. H. (2015). Employing augmented-reality-embedded instruction to disperse the imparities of individual differences in earth science learning. *Journal of Science Education and Technology*, 24(6), 835-847.
- Chen, P., Liu, X., Cheng, W., & Huang, R. (2017). A review of using Augmented Reality in Education from 2011 to 2016. In *Innovations in Smart Learning* (pp. 13-18). Springer, Singapore.
- Cheng, K. H., & Tsai, C. C. (2013). Affordances of augmented reality in science learning: Suggestions for future research. *Journal of science education and technology*, 22(4), 449-462.
- Cheng, K. H., & Tsai, C. C. (2016). The interaction of child-parent shared reading with an augmented reality (AR) picture book and parents' conceptions of AR learning. *British Journal of Educational Technology*, 47(1), 203-222.
- *Chiang, T. H. C., Yang, S. J., & Hwang, G. J. (2014). An augmented reality-based mobile learning system to improve students' learning achievements and motivations in natural science inquiry activities. *Educational Technology & Society*, 17(4), 352-365.
- *Crandall, P. G., Engler III, R. K., Beck, D. E., Killian, S. A., O'Bryan, C. A.,

- Jarvis, N., & Clausen, E. (2015). Development of an augmented reality game to teach abstract concepts in food chemistry. *Journal of Food Science Education, 14*(1), 18-23.
- *Enyedy, N., Danish, J. A., Delacruz, G., & Kumar, M. (2012). Learning physics through play in an augmented reality environment. *International journal of computer-supported collaborative learning, 7*(3), 347-378.
- *Enyedy, N., Danish, J. A., & DeLiema, D. (2015). Constructing liminal blends in a collaborative augmented-reality learning environment. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning, 10*(1), 7-34.
- *Estapa, A., & Nadolny, L. (2015). The Effect of an Augmented Reality Enhanced Mathematics Lesson on Student Achievement and Motivation. *Journal of STEM Education: Innovations and Research, 16*(3), 40-48.
- *Furió, D., Juan, M. C., Seguí, I., & Vivó, R. (2015). Mobile learning vs. traditional classroom lessons: a comparative study. *Journal of Computer Assisted Learning, 31*(3), 189-201.
- Gardner, A., & Olson, A. (2016). 3D Printing of Molecular Models. *Grantee Submission, 40*(1), 15-21.
- *Giorgis, S., Mahlen, N., & Anne, K. (2017). Instructor-led approach to integrating an augmented reality sandbox into a large-enrollment introductory geoscience course for nonmajors produces no gains. *Journal of Geoscience Education, 65*(3), 283-291.
- Gnidovec, T., Žemlja, M., Dolenc, A., & Torkar, G. (2020). Using Augmented Reality and the Structure–Behavior–Function Model to Teach Lower Secondary School Students about the Human Circulatory System. *Journal of Science Education and Technology, 29*(6), 774-784.
- Höllerer, T. H., & Feiner, S. K. (2004). Mobile augmented reality. In: Karimi H, Hammad A (eds) *Telegeoinformatics: location-based computing and services*. Taylor & Francis Books, London
- *Hung, Y. H., Chen, C. H., & Huang, S. W. (2017). Applying augmented reality to enhance learning: a study of different teaching materials. *Journal of Computer Assisted Learning, 33*(3), 252-266.
- *Hsiao, H. S., Chang, C. S., Lin, C. Y., & Wang, Y. Z. (2016). Weather observers: a manipulative augmented reality system for weather simulations at home, in the classroom, and at a museum. *Interactive Learning Environments, 24*(1), 205-223.
- *Hwang, G. J., Wu, P. H., Chen, C. C., & Tu, N. T. (2016). Effects of an augmented reality-based educational game on students' learning achievements and attitudes in real-world observations. *Interactive Learning Environments, 24*(8), 1895-1906.
- *Ibáñez, M. B., Di-Serio, A., Villarán-Molina, D., & Delgado-Kloos, C. (2015). Support for augmented reality simulation systems: The effects of scaffolding on learning outcomes and behavior patterns. *IEEE Transactions on Learning Technologies, 9*(1), 46-56.
- Johnson, L., Adams, S., Cummins, M., Estrada, V., Freeman, A., & Ludgate, H. (2012). The NMC horizon report: 2012 K-12 Edition. The New Media Consortium, Austin, Texas.
- Johnson, L., Levine, A., Smith, R., & Stone, S. (2010). The NMC Horizon Report: 2010 K-12 Edition. The New Media Consortium, Austin, Texas
- Kitchenham, B. (2004). Procedures for performing systematic reviews. Keele, UK, Keele University, 33(2004), 1-26.
- Klopfer, E., & Squire, K. (2008). Environmental Detectives—the development of an augmented reality platform for environmental simulate onns. *Educational technology research and development, 56*(2), 203-228.

- *Lin, H. C. K., Chen, M. C., & Chang, C. K. (2015). Assessing the effectiveness of learning solid geometry by using an augmented reality-assisted learning system. *Interactive Learning Environments*, 23(6), 799-810.
- *Lin, H. C. K., Hsieh, M. C., Wang, C. H., Sie, Z. Y., & Chang, S. H. (2011). Establishment and Usability Evaluation of an Interactive AR Learning System on Conservation of Fish. *Turkish Online Journal of Educational Technology-TOJET*, 10(4), 181-187.
- *Liou, H. H., Yang, S. J., Chen, S. Y., & Tarng, W. (2017). The influences of the 2D image-based augmented reality and virtual reality on student learning. *Journal of Educational Technology & Society*, 20(3), 110-121.
- *Liou, W. K., Bhagat, K. K., & Chang, C. Y. (2016). Beyond the flipped classroom: A highly interactive cloud-classroom (HIC) embedded into basic materials science courses. *Journal of Science Education and Technology*, 25(3), 460-473.
- *Liu, T. Y., Tan, T. H., & Chu, Y. L. (2009). Outdoor natural science learning with an RFID-supported immersive ubiquitous learning environment. *Journal of Educational Technology & Society*, 12(4), 161-175.
- *Lu, S. J., & Liu, Y. C. (2015). Integrating augmented reality technology to enhance children's learning in marine education. *Environmental Education Research*, 21(4), 525-541.
- Ludwig, C., & Reimann, C. (2005). Augmented reality: Information at focus. C-Lab Report, 4(1).
- *McMahon, D. D., Cihak, D. F., Gibbons, M. M., Fussell, L., & Mathison, S. (2013). Using a mobile app to teach individuals with intellectual disabilities to identify potential food allergens. *Journal of Special Education Technology*, 28(3), 21-32.
- *McMahon, D. D., Cihak, D. F., Wright, R. E., & Bell, S. M. (2016). Augmented reality for teaching science vocabulary to postsecondary education students with intellectual disabilities and autism. *Journal of Research on Technology in Education*, 48(1), 38-56.
- Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, 77(12), 1321-1329.
- *Montoya, M. H., Díaz, C. A., & Moreno, G. A. (2017). Evaluating the effect on user perception and performance of static and dynamic contents deployed in augmented reality based learning application. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 13(2), 301-317.
- *Pérez-López, D., & Contero, M. (2013). Delivering educational multimedia contents through an augmented reality application: A case study on its impact on knowledge acquisition and retention. *Turkish Online Journal of Educational Technology-TOJET*, 12(4), 19-28.
- Radu, I. (2014). Augmented reality in education: a meta-review and cross-media analysis. *Personal and Ubiquitous Computing*, 18(6), 1533-1543.
- Sahin, D., & Yilmaz, R. M. (2020). The effect of Augmented Reality Technology on middle school students' achievements and attitudes towards science education. *Computers & Education*, 144, 103710.
- Shelton, B. E., & Hedley, N. R. (2002, September). Using augmented reality for teaching earth-sun relationships to undergraduate geography students. In *Augmented Reality Toolkit, The First IEEE International Workshop* (Vol. 8). IEEE.
- *Squire, K. (2010). From information to experience: Place-based augmented reality games as a model for learning in a globally networked society. *Teachers College Record*, 112(10),

- 2565-2602.
- *Squire, K. D., & Jan, M. (2007). Mad City Mystery: Developing scientific argumentation skills with a place-based augmented reality game on handheld computers. *Journal of science education and technology*, 16(1), 5-29.
- *Squire, K., & Klopfer, E. (2007). Augmented reality simulations on handheld computers. *The journal of the learning sciences*, 16(3), 371-413.
- Sugimoto, M. (2011). A mobile mixed-reality environment for children's storytelling using a handheld projector and a robot. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 4(3), 249-260.
- *Tscholl, M., & Lindgren, R. (2016). Designing for learning conversations: How parents support children's science Learning within an immersive simulation. *Science Education*, 100(5), 877-902.
- Tsai, C. W., Shen, P. D., & Fan, Y. T. (2014). The application of augmented reality in online education: a review of studies published in selected journals from 2003 to 2012. *International Journal of Information and Communication Technology Education (IJICTE)*, 10(2), 75-80.
- *Vega Garzón, J. C., Magrini, M. L., & Galembeck, E. (2017). Using augmented reality to teach and learn biochemistry. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 45(5), 417-420.
- *Vilkoniene, M. (2009). Influence of Augmented Reality Technology upon Pupils' Knowledge about Human Digestive System: The Results of the Experiment. Online Submission, 6(1), 36-43.
- *Wang, H. Y., Duh, H. B. L., Li, N., Lin, T. J., & Tsai, C. C. (2014). An investigation of university students' collaborative inquiry learning behaviors in an augmented reality simulation and a traditional simulation. *Journal of Science Education and Technology*, 23(5), 682-691.
- *Woods, T. L., Reed, S., Hsi, S., Woods, J. A., & Woods, M. R. (2016). Pilot study using the augmented reality sandbox to teach topographic maps and surficial processes in introductory geology labs. *Journal of Geoscience Education*, 64(3), 199-214.
- Wu, H. K., Lee, S. W. Y., Chang, H. Y., & Liang, J. C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & education*, 62, 41-49.
- *Yoon, S. A., & Wang, J. (2014). Making the invisible visible in science museums through augmented reality devices. *TechTrends*, 58(1), 49-55.
- *Yoon, S. A., Elinich, K., Wang, J., Steinmeier, C., & Tucker, S. (2012). Using augmented reality and knowledge-building scaffolds to improve learning in a science museum. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 7(4), 519-541.
- *Yoon, S., Anderson, E., Lin, J., & Elinich, K. (2017). How augmented reality enables conceptual understanding of challenging science content. *Journal of Educational Technology & Society*, 20(1), 156-168.
- Yuen, S. C. Y., Yaoyuneyong, G., & Johnson, E. (2011). Augmented reality: An overview and five directions for AR in education. *Journal of Educational Technology Development and Exchange (JETDE)*, 4(1), 11.
- Zhou, F., Duh, H. B. L., & Billingham, M. (2008, September). Trends in augmented reality tracking, interaction and display: A review of ten years of ISMAR. In *Proceedings of the 7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality* (pp. 193-202). IEEE Computer Society.

投稿日期：110 年 5 月 11 日

接受日期：110 年 6 月 16 日

Augmented Reality in Science Education: Trends Analysis from 2005 to 2017

Jia-Ying Lin^{1*}, Mei-Hung Chiu¹, and Jia-Hong Lin²

¹ Graduate Institute of Science Education, National Taiwan Normal University

² Institute of Education, National Sun Yat-sen University

Abstract

The purpose of this research is to understand the current status of the using of augmented reality in science education, and selects 42 augmented reality literature in science education for analysis. The analysis dimensions are the purposes of using augmented reality, the design theories of augmented reality systems, the affordances of augmented reality systems and the teaching strategy. The research questions of this study are as follows: (1) What are the purposes of using augmented reality? (2) What are the design theories for augmented reality? (3) What is the affordances of augmented reality? (4) What is the instructional approaches when using augmented reality? The research results show that the purpose of using augmented reality includes focusing on authenticity, context, engagement, scaffolding, and individualization; the design theories of augmented reality includes cognitive theory of multimedia learning, multiple representations theory, inquiry-based learning, spatial ability theory, situated learning, scaffolding theory, game-based Learning; the affordance of augmented reality includes visualization, 3D virtual objects, simulated situation, immersion, inquiry, group cooperation, modeling, skill practice, and individualized design. The research found that nearly 70% of the researches use specific teaching strategies in the classroom. We suggest that future researchers should first consider the purpose of using augmented reality in teaching, and can develop augmented reality based on specific theories and understand what kinds of affordance that the developed augmented reality has. Finally, appropriate teaching activities should be designed to demonstrate the usefulness of augmented reality. We hope that this research can help future researchers plan and design augmented reality in further research.

Keywords: augmented reality, science education

* corresponding author