

——陳姿萍、机慧瑛——

擴增實境技術運用在陸軍 部隊訓練之探討

提要

- 一、應用虛擬實境技術研製的訓練模擬器不僅可用於培訓官兵對武器、裝備操作技能，更能有效鍛鍊官兵在各類型作戰環境下的快速反應能力和心理抗壓能力，以訓練作戰官兵迅速瞭解戰場景況、當前任務與執行重點，置重點於「實戰化」訓練，提升作戰官兵臨戰作戰能力和戰場抗壓力。
- 二、新時代的軍事科技發展對於虛擬技術將更加依賴，各種軍事活動未來將隨著虛擬技術的發展而將廣泛的運用。它將為武器裝備確定需求、設計、製作樣機、批量生產，為部隊的模擬訓練、戰備，為制定作戰計畫、為戰後評估及戰史分析等，計畫全部軍事活動提供一種一體化的作戰環境——這將有助於從虛擬武器及戰場順利地過渡到真實武器與戰場。

關鍵詞：擴增實境、模擬訓練、
虛擬實境

圖片來源：美國國防部



壹、前言

「軍事戰略」為建立與運用武力之藝術，亦為國軍建軍、備戰與用兵之指導，為全般軍事行動之準據。¹ 國軍新興兵力均按計畫目標陸續換裝成軍，並持續組建「創新/不對稱」戰力，各部隊訓練則以仿真戰場景況，採「實戰化」之對抗訓練模式實施；持續精進體能、戰技、駐地、基地及聯合作戰訓練，以達「訓後能戰、戰而能勝」之目標。² 隨著科技日新月異發展，各先進國家的國防武器亦趨向精、巧、武力效能強大而發展；因此，為有效降低部隊實兵實彈演訓風險及跳脫部隊訓練時空限制等因素，各先進國家競相將虛擬實境技術運用於部隊戰技與戰術訓練，以樽節經費支出，提高部隊訓練效能。

近年虛擬科技蓬勃發展在虛擬戰爭遊戲中，作戰場景仿真度高、想定設計細膩，美軍更將此技術運用於軍事訓練方面，培訓作戰人員的裝備操作技能及鍛鍊人員在危險環境下的快速反應和心理承受能力，降低訓練成本及風險。例如，在阿富汗與伊拉克戰爭中，美軍利用模擬三維戰場環境訓練飛行員，有效降低了執行任務的難度和傷亡率—

以空軍為例，1架F-16戰鬥機每小時飛行成本是7,500美元，而使用實兵仿真推演每小時訓練費用僅為900美元，大幅縮減訓練所耗費的預算。³

我國防武器與裝備不論在自製生產或國外採購方面，均耗費龐大國防預算，在裝備後續維護保養方面，亦需耗費大量人事與資源成本。鑒此，部隊訓練若能運用高視效、高仿真度戰場模擬系統取代傳統實兵實彈對抗演練，將可大幅降低演訓任務所需耗費的人力資源成本與武器裝備的損耗，並相對提高部隊訓練成效及武器、裝備妥善率；模擬戰場環境可使受訓官兵彷彿身歷其境般地置身在戰場，藉以訓練人員在遭受敵軍威脅攻擊下，仍無所畏懼投身戰場執行作戰任務，無論是戰甲車、航空飛行器、火炮射擊武器等戰鬥技能，或是戰場指揮官臨戰指揮的戰術思維等，均能設定各類型戰場環境與重點訓練項目，以強化官兵戰術應用思維與作戰處置反應能力，提高國軍部隊教育訓練之效度。

本研究將探討「擴增實境」之技術運用於陸軍部隊訓練效益，並提出相關具體作為，以策進國軍軍事教育與陸軍部隊訓練發展需求與方向；故本文藉由美國部隊訓練運

- 1 中華民國108年國防報告書編纂委員會，《中華民國108年國防報告書》（臺北：國防部，民國108年9月），頁58。
- 2 中華民國106年國防報告書編纂委員會，《中華民國106年國防報告書》（臺北：國防部，民國106年12月），頁84。
- 3 張吉才，〈實兵仿真推演頗受美軍青睞〉，新華網，<https://kknews.cc/zh-tw/military/p5kov22.html>，檢索日期：西元2019年3月8日。

用擴增實境之成效、我國陸軍部隊訓練運用模擬訓練現況等方面，探討「擴增實境」技術運用在我國陸軍部隊訓練之適切性及限制。

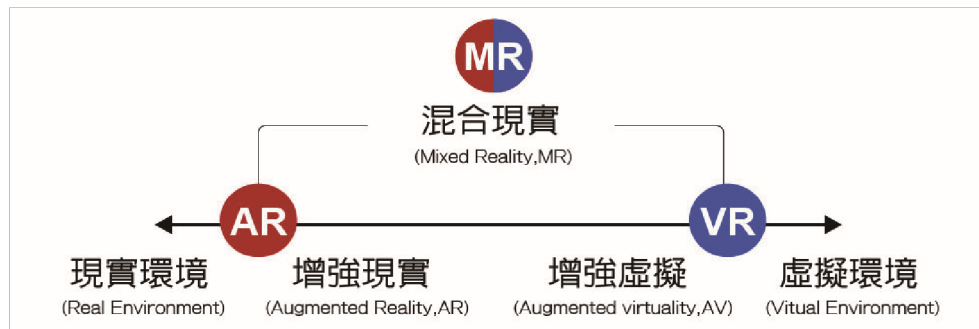
貳、擴增實境的發展應用

一、擴增實境的定義

1994年保羅·米爾格拉姆(Paul Milgram)和岸野文郎(Fumio Kishino)共同提出現實到虛擬連續系統(Milgram's Reality-Virtuality Continuum)⁴。將真實環境和虛擬環境分別作為連續系統的兩端，位於中間稱之為「混合實境(Mixed Reality, MR)」(如圖一)，偏向真實環境的是擴增實境，偏向虛擬環境則是擴增虛境。擴增實境是指使用者在頭部穿戴一種透視裝置，將虛擬資訊加到使用者感官知覺上的電腦顯示器，擴增

實境系統會追蹤使用者頭部位置及方向，使真實世界的場景與電腦產生的影像直接合成，本質上仍屬某種特殊型式之虛擬實境」。廣義來說，擴增實境是將電腦的資訊疊合到現實世界，讓我們在正確的時間、正確的地點取得感官的正確資訊。

擴增實境溯源自1960年代，電腦繪圖的先鋒蘇澤蘭(Ivan Sutherland)和他在哈佛大學與猶他大學的學生，開發出一個機械式追蹤的3D頭載顯示設備，藉由穿戴該項設備將電腦所產生的資訊和真實物件一起投影在實驗室牆上。直至1990年初期，波音公司幾名科學家才創造了「擴增實境(Augmented Reality, AR)」這個名詞，他們當時正在開發一種實驗性擴增實境系統，協助工人裝配管線設備。隨著硬體成本下降，更可看見擴增實境的研究開花結果。⁵



圖一 混合實境定義

(資料來源：同註4)

- 4 才華有限實驗室，《VR來了!第一本虛擬實境專書：VR發展史、當紅產品介紹、未來應用解析》(臺北：寫樂文化有限公司，西元2016年8月)，頁31。
- 5 費納撰，吳鴻譯，〈擴增實境：虛擬與實境的無限延伸〉《科學人雜誌》，2002年第4期，西元2002年6月號，<https://sa.ylib.com/MagArticle.aspx?Unit=featurearticles&id=67>，檢索日期：西元2019年1月26日。

二、擴增實境的技術原理

擴增實境技術原理係將虛擬數位畫面加上裸眼現實 (Pure Virtual Digital Image + Naked-Eye Reality)，⁶ 運用稜鏡光學原理折射線現實影像，意即透過顯示器呈現虛擬與真實資訊的結合畫面；另常見的頭戴式顯示器 (head-mounted display, HMD)，⁷ 在眼睛前方放一塊小型的螢幕作為顯示畫面，利用近距離、視覺差的感觀因素，創造出大影像的效果。頭戴式顯示器裝置可分為「光學式透視」及「視訊式透視」兩種類型（比較如表一），功能分述如下：

（一）光學式透視顯示器

其原理為利用分光鏡擺在使用者眼前的正確方位，分光鏡亦稱為合併器 (Beam Splitter)，半鍍銀可反射光及讓光穿透之鏡子，既能使電腦顯示器影像反射進入使用者的視線，又能讓周遭環境的光線穿透進來。（如圖二）。⁸ 這種分光鏡已應用於戰鬥噴射機飛行員及轎車駕駛者的抬頭顯示器上，將駕駛儀表的數據投影到擋風玻璃上，供駕駛者隨時監看。

（二）視訊式透視顯示器

原為電視特效而開發之視訊混合技術，

表一 優缺點比較表⁹

類型	光學式透視顯示器	視訊式透視顯示器
優點	可以看見絕對清晰的全視域真實世界。	1. 虛擬物件可以完全遮住實體物件，而且可以用各式各樣的繪圖效果來和實體物件結合。 2. 眼睛對虛擬和實體物件的聚焦方式也沒有差異，因為使用者觀看時，兩者在同一平面上。
缺點	1. 使用者看實體物件時，眼睛視物件的距離而聚焦其上，但看虛擬物件時則完全聚焦在顯示器平面上。使用者可能無法同時聚焦在這兩個物件上。 2. 使用者視界顯示器中的虛擬圖像無法完全遮蔽後方實物，易造成閱讀吃力虛擬物品無法遮住背後的影像。	現有視訊技術尚未達到完全擬真的水準，它所呈現的真實世界的視覺品質較差，解析度和視角仍然比不上人類的眼睛。

6 同註4，頁33。

7 Heresy，〈立體顯示技術簡介 四、頭戴式顯示器〉，Heresy's Space，<https://kheresy.wordpress.com/2019/12/28>，檢索日期：西元2019年1月26日。

8 轉引自黃郁芳，〈擴增實境技術應用於凸版版畫教學之設計研究〉（臺東：國立台東大學美術產業學系碩士學位班進修專班碩士論文，民國100年），頁9-10。

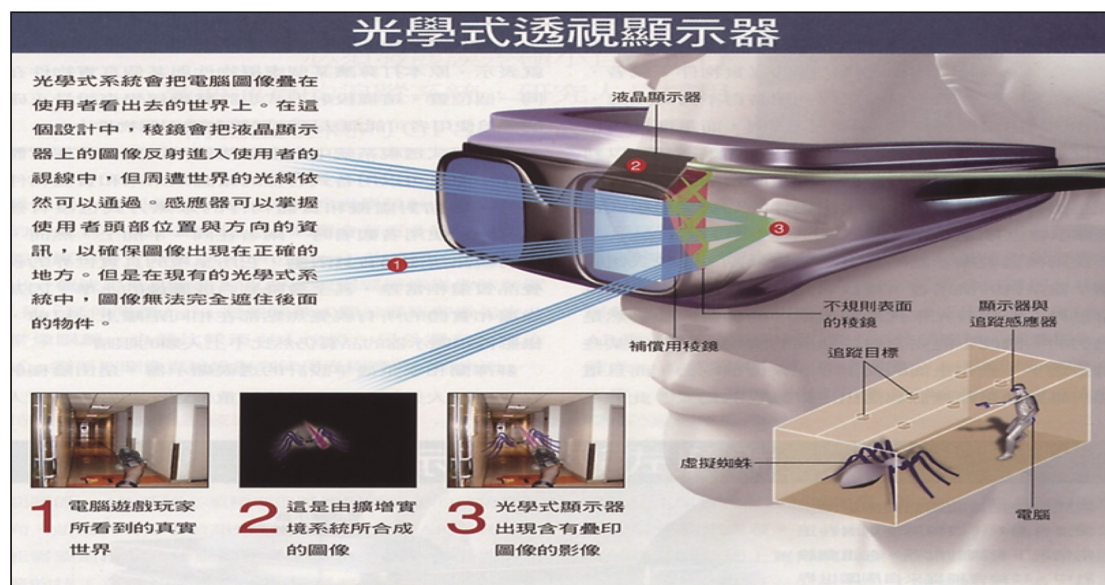
9 津洪俞，〈擴增實境 (Augmented Reality, AR) 虛擬與實境的無限延伸. V R 虛擬實境.〉，slidesplayer，<https://slidesplayer.com/slide/11011709/>，檢索日期：西元2019年1月26日。

運用原理係將頭戴式攝影機傳輸之影像與合成圖像結合，合併後之影像呈現在不透明的頭戴顯示器上，合成出使用者裸視所見的畫面，彷彿看到真實般影像（如圖三）。¹⁰視訊式透視顯示器結合影像的方法有兩種，一為合成的圖像與某個預留背景相抵消，把攝影機回傳的影像與合成影像逐一進行比對，當來自電腦合成圖像的某個像素為背景顏色時，顯示器就出現攝影機影像的像素，反之則出現合成圖像的像素，此時圖像會遮住後面的真實物件；二為各個像素所儲存的資訊利用各自不同的頻道，由虛擬資訊決定的像素比例，這種技巧可以合成半透明的影像。

擴增實境和虛擬實境強調能讓人體驗真實般的虛擬影像，甚至能與真實情境混和、互動。美國虛擬實境科技公司Oculus、宏達電都使用三星提供的螢幕作為虛擬實境裝置顯示，以滿足高解析度、高對比度、寬視角、高反應速度、低藍光（因為長時間且近距離使用）的裝置需求。¹¹顯示技術仍持續發展，未來將可能研究出透由光投射到玻璃上，轉投射到使用者的視網膜上掃描影像的裝置。虛擬科技發展的良窳，重要關鍵之一在顯示器研發技術的成熟與創新。

三、擴增實境的應用

Oculus首席科學家麥可·亞伯拉什



圖二 光學式透視顯示器

（資料來源：同註9）

¹⁰ 同註8。

¹¹ 林澤民，〈顯示器應用趨於多元 及早布局下世代技術〉，工商時報，<https://www.chinatimes.com/newspapers/20170108000097-260204?chdtv>，檢索日期：西元2019年12月27日。



圖三 視訊式透視顯示器

（資料來源：同註9）

（Michael Abrash）對於擴增實境的意涵：「VR是假的，一切都是假的，但是盡量讓你的感受是真實的；AR不完全是假的，或者說AR是半真半假的，是結合真實存在的場景並加入某些虛擬物體，同時提供動態顯示效果的技術是在真實物體上加一些不真實。¹²」2009年可口可樂Zero與3D電影「阿凡達」共同推出的廣告，主角拿著可樂瓶操控直升機的橋段，或是電影「鋼鐵人」，從「鋼鐵人」的盔甲中看到各種複雜的計算數據、強大電腦所呈現的立體圖像，都是擴增實境技術的應用範例。

擴增實境的應用其實很廣泛，尤其與智慧型手機的結合案例不勝枚舉，像是一些手遊（如One Piece ARCarddass Formation）、Pokemon Go中，各種神奇寶貝可以在現實世界中與玩家互動（如Kazooloo Vortex），或是拍照App（如Sony Xperia手機的「AR效果」拍攝模式）都運用擴增實境的技術；另在遊戲以外的應用常見於地圖軟體，例如Google Glass可以將儀表板及地圖的影像顯示於眼鏡螢幕，使用者在開車時不用低頭就能知道車速等資訊，提供更直接感觀的導航體驗。

12 同註4，頁30。

參、美軍模擬訓練與擴增實境發展

一、模擬訓練發展背景

美軍模擬訓練在70年代初期開始發展，經歷人工模擬、半自動模擬和計算機模擬等三個發展階段。美陸軍第一代模擬訓練處於人工模擬的階段，通常需要採購大量的「沙盤」，仿造實際的地形與地貌，或是城鎮、載具等模型。1972-1973年，美軍利用資訊科技技術，將計算機逐步引入美軍各個部門，美國陸軍訓練局隨之開始使用計算機模型來計算作戰單位之間的戰損、部隊機動速度、彈藥和油料消耗等，¹³但訓練中使用的計算機輔助圖上機動模擬系統不能單獨完成作業，仍需1:25,000或1:50,000比例尺的軍用標準地圖實施人工圖上標繪。

到了80年代，美國裝甲步兵學院和美國陸軍物資司令部訓練器材局開發了一套完全「自動化」的模擬系統。這項成果被美軍命名為「協同戰術訓練模擬系統(CATTS)」，該系統是美軍第一個將標準軍用地圖與指揮所作戰態勢圖結合，在同一臺顯示器上顯現的

模擬系統。「協同戰術訓練模擬系統」是「陸軍戰鬥訓練模擬系統(ART13AS5)」的原型，該系統於1986年首次用於美國陸軍部隊訓練。¹⁴

1996年，美國海軍陸戰隊運用以電腦為基礎的戰爭遊戲，由該單位的電腦工程師、模擬專家及設計師將商業電玩遊戲《毀滅戰士II》(Doom II)修改成另一款遊戲Marine Doom來作為戰術上的訓練工具。美國海軍陸戰隊因Marine Doom研究成功，而與MÄK技術公司合作開發Marine Expeditionary Unit 2000。¹⁵這是第一款由美國國防部和民間的電玩遊戲工業合作開發的電腦遊戲，遊戲不僅用在美國海軍陸戰隊訓練，也公開對外發行。在資訊科技的日趨強大的時代，軍事作戰訓練的方式亦逐漸朝向虛擬實戰的方向發展。虛擬訓練系統可模擬單兵操作新式武器或裝備作戰、軍種協同作戰及三軍聯合作戰等模式。¹⁶傳統軍事訓練耗費大量人力與資源，運用虛擬與實戰結合的軍事訓練，可提高作戰訓練效能，亦有助於軍事資源之節約，使美軍在教育訓練、系統研發、與戰術發展之能力得以迅速提升。

13 胡曉峰，〈美軍訓練模擬發展概況〉，全球防務網，<http://www.defence.org.cn/article-1-44217.html>，檢索日期：西元2019年1月26日。

14 同註13。

15 維基百科，〈美國陸軍系列〉，<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%BE%8E%E5%9C%8B%E9%99%B8%E8%BB%8D%E7%B3%BB%E5%88%97>，檢索日期：西元2019年1月26日。

16 趙亞洲，〈《實戰篇》智能革命新商機：掌握AR、VR、AI、IW正在顛覆每個行業的科技狂潮〉（新北市：好優文化出版有限公司，西元2018年5月），頁118。

2009年美軍運用擴增虛擬實境維修系統以頭戴式顯示器，驗證裝甲車內進行維修任務可行性，結果顯示使用擴增虛擬實境系統的技術人員，維修速度平均比配戴不提供虛擬3D箭頭指示頭戴式顯示器的快56%，也比使用固定電腦螢幕做為指示的快47%；隨著軍事裝備的複雜性不斷成長，已經造成維修的需求大幅超過供應，但透過頭戴式或行動裝置進行遠程指導，就能從任何地方提供專業知識協助以提高現場人員維修能力，並減少培訓合格維修人員的時間，透過擴增虛擬實境技術指導現場人員進行維修的每一步驟，快速完成維修工作，使裝備盡快恢復正常運作，提高裝備妥善率。¹⁷

二、部隊模擬訓練現況

因應全球軍力部署，建構大範圍跨區域網路以滿足各部隊聯戰訓練需求，及考量部隊訓練環境趕不上作戰環境的變化，美軍為節省龐大演訓經費需求與資源消耗，在科技網路快速的發展下，發展出分散式互動模擬技術，此技術可達到跨區域、相互交談、實兵或電腦產生的虛擬部隊同時參演的能量。

美國國防部模式模擬辦公室(Defense Modeling and Simulation Office, DMSO)，

於1995年10月依據模式模擬(Modeling and Simulation)主導性計畫，提出高階模擬架構(High Level Architecture, HLA)；此分散式模擬的高層架構，可以整合或連結模式模擬的六大層面(戰區戰役、小部隊戰術任務、載臺、武器偵測裝備、細部工程、環境資料庫)。¹⁸期許藉由整合訓練環境(Integrated Training Environment, ITE)建置，使分布於各地的部隊(基地)，能異地同時實施任務排練，降低整體訓練經費，並使訓練環境能趨近於作戰環境。

美軍夏威夷任務訓練中心(MTC-Hawaii)以合成化訓練環境實施任務訓練為主，負責美國陸軍太平洋地區實兵、虛擬及兵推之部隊部署前訓練及駐地訓練，為全美所有任務訓練中心唯一整合實兵訓練(Live)、虛擬模擬系統(Virtual)、建構式電腦兵棋系統(Constructive)及訓練遊戲軟體(Gaming)之單位。

美軍模擬訓練發展概況與運用經由資訊科技的改良與精進，在教育訓練、系統研發與戰術發展之能力迅速提升，模訓環境使任務指揮官、參謀及戰鬥部隊很快速地瞭解任務地區作戰環境，已成為不可或缺的訓練模式。

17 轉引自劉超群，〈擴增實境在維修上的應用〉《新新季刊》(桃園)，第46卷第1期，西元2018年1月，頁154。

18 轉引自李文伯，〈合成化戰場雛形建置運用之研究〉《陸軍裝甲兵季刊》(新竹)，第243期，西元2017年11月，頁85-87。

三、部隊運用擴增實境訓練發展

「實兵模擬推演」(Live Virtual Constructive, LVC)，是美軍近年來大力推行的一種演訓體制，它利用模擬度較高的模擬器通過電腦與訓練實體相連接，為參訓者構建一個逼真的虛擬環境，主要由實兵訓練環境、訓練模擬器和各軍種各部門的電腦模擬推演系統三大部分組成。其中實兵訓練環境是基礎，訓練模擬器是重點，電腦模擬推演是核心。通過虛擬系統和作戰模擬器聯合運用，各軍種推演系統可以構建一個虛擬的聯合作戰空間，並可根據需要對下連結各作戰模擬平臺和實兵訓練環境，供聯合訓練演習使用。運用訓練模擬器進行演練最大的特點是不需要大量動用真實武器系統，可在不影響訓練效果的同時節省大量經費成本。假設以空軍為例，1架F-16戰鬥機每小時飛行成本是7,500美元，而使用實兵仿真推演每小時訓練費用僅為900美元，¹⁹大幅縮減訓練所耗費的預算，因此，模擬訓練替代實戰演練是美軍未來的訓練目標。

現階段部隊訓練仍仰賴實彈演練維持部隊的戰備能力，然而，大規模的實彈演練卻囿於高成本、高風險、高損耗而無法頻繁的實施訓練。因此，美國海軍陸戰隊看見了AR科技所能帶給訓練的改變，目前由海軍

陸戰隊的擴增沉浸式團隊訓練(Augmented Immersion Team Training, AITT)專案嘗試將AR科技應用在訓練裝備上，結合「指示戰術接戰模擬系統」的擴增實境訓練，並能在實際地貌上顯示虛擬的火力效果、航空器、載具及士兵，且AITT也能和各式訓練模擬器配合運用，比如裝置了感應裝置的迫砲、榴彈機槍、望遠鏡、雷射標定器等。美軍AITT的第一套原型在2016年初送至日本沖繩的一個步兵連進行測試，在蒐集足夠參數資料後，海軍陸戰隊會開出需求書以要求承包商精進這套系統效能，像是增加可靠度、續航力、更高的解析度與降低重量等，預期可達到AR設備與現有的步兵裝備結合(如：可以直接在目鏡上投影出影像，而不是頭戴顯示器)，使在模擬景象能更顯逼真。另外，也希望AITT在未來能改以無線的方式，應用在更廣大的操演場上，並運用異地同時的連線方式進行演練。²⁰

美國陸軍認為虛擬模擬訓練是21世紀最主要的訓練方式，位於堪薩斯州李文沃思堡營區(Fort Leavenworth, Kansas)的美國陸軍指揮暨參謀學院－訓練創新設施(Combined Arms Center-Training Innovation Facility, CAC-TIF)與其他陸軍組織共同合作，以滿足那些更困難的挑戰。²¹其模擬各種預想的衝

19 同註3。

20 同註16。

21 周守義譯，〈美國陸軍創新訓練中心展現未來訓練走向〉《陸軍通資半年刊》(桃園)，第127期，西元2017年4月，頁104。

突，運用於各級參謀機構訓練與特種作戰能力訓練，利用圖形擬真技術模擬實物實景，不同類型的模擬器或是異地相連，可使分布在各地的參訓部隊共享一個資料庫，使射擊程序、指揮控制、遠距離空中人力支援等，訓練部隊協同作戰，強化訓練官兵心理抗壓素質，提高戰場存活率。

美軍在布拉格堡虛擬訓練場部署了首套「步兵訓練系統」(DSTS: Dismounted Soldier Training System)進行綜合評估，作為美軍官兵全沉浸式環境中訓練項目的一部分。步兵訓練系統係透過虛擬仿真的戰場環境，訓練人員對真實天氣和環境的適應能力，以及小部隊作戰控制與行動感應器的熟悉程度，部隊的指揮官、士兵及作戰分隊可在近乎真實的虛擬環境中策劃和演練單獨或集體軍事行動，並重複使用某個訓練場景，從而實現訓練目標及最大限度地利用訓練時間。²²

步兵訓練系統主要包括士兵模擬訓練區、提升士兵戰備能力的訓後回顧區、訓練控制區、虛擬士兵多功能操控區以及半自動兵力操控區等五大部分，具有人機互動效果的全浸入式虛擬環境，使訓員如身在伊拉克、阿富汗等地執行軍事作戰行動。²³

戰術擴增實境系統(Tactical Augmented Reality, TAR)²⁴為美國陸軍通信與電子研究、開發和工程中心(US Army CERDEC)研發的AR作戰系統。TAR系統尺寸只有2.5cm*2.5cm，是一款裝置在士兵頭盔上微型的鏡片顯示器(如圖四)。

TAR系統開發主要是用來取代手持式GPS設備，同時也能無線連接到個人配置在腰部的平板電腦、AR頭戴顯示器以及安裝在武器上的火焰瞄準器。例如目標圖像或者和目標之間的距離等資訊，都能在鏡片上顯示，並同時將資訊傳送給團隊的其他成員。美國陸軍表示TAR系統可以有效地提供先進的夜視功能、導航、顯示戰術地圖(包括盟軍和敵人的位置)並處理地理資訊的功能，增強士兵對環境和形勢的動態感知，以及操縱戰場的能力，也提高了在危險行動中的生存幾率。

茲將美軍虛擬模擬訓練基地運用狀況彙整如表二。

此外，運用擴增實境技術以強化軍事裝備的研發生產與維修工作，提升部隊的戰鬥實力。例如英國BAE Systems公司運用擴增實境技術，結合臺灣HTC技術，打造出虛擬駕駛座艙，增強戰機戰鬥實力。運用擴增實境

22 李琪冉，〈步兵訓練系統(DSTS: Dismounted Soldier Training System)〉，中國軍網，http://www.81.cn/big5/jsyx/2013-09/26/content_5546792.htm，檢索日期：西元2019年3月8日。

23 謝武，〈虛擬演兵有效性成疑〉，每日頭條，<https://kknews.cc/military/p8v3ra2.html>，檢索日期：西元2020年3月8日。

24 VR陀螺，〈24小時待命！美軍裝備AR作戰系統TAR〉，中國軍網，<https://kknews.cc/military/l6zvxp.html/2017/7/7>，檢索日期：西元2019年3月8日。

圖四 TAR系統圖資顯像畫面²⁵

表二 美軍虛擬模擬訓練基地介紹表

地點	名稱	訓練項目	擴增技術運用狀況	建置時間
夏威夷州	任務訓練中心	負責美國陸軍太平洋地區實兵、虛擬及兵推之部隊部署前訓練及駐地訓練。	俟擴增實境訓練系統開發測試後，整合納入現用模擬設備施訓。	西元1996年
維吉尼亞州	寬提科基地—海軍陸戰隊訓練基地	擴增沉浸式團隊訓練(AITT)結合了「指示戰術接戰模擬系統」的擴增實境訓練，並能在實際地貌上顯示虛擬的火力效果、航空器、載具及士兵。	已完成開發擴增實境訓練系統，現由部隊運用測試中。	西元2016年
堪薩斯州	李文沃思堡營區—陸軍指揮暨參謀學院	1. 圖形擬真技術，模擬實物實景，用於各級參謀機構訓練與特種作戰能力訓練。 2. 模擬器可異地相連共享資料庫，使射擊程序、指揮控制、遠距離空中人力支援等訓練部隊協同作戰。	擴增實境訓練系統研發中。	西元2016年
加州	布拉格堡虛擬訓練場	「步兵訓練系統」透過虛擬仿真的戰場環境訓練人員對真實的天氣和環境的適應能力，及小部隊控制和行動感應器的熟悉度。	此系統僅為虛擬實境場景，尚未導入擴增實境技術。	西元2013年

資料來源：本研究整理

25 ARA增強現實，〈AR技術席捲全球 美軍陸戰隊將「戰術AR」帶到戰場〉，每日頭條，<https://kknews.cc/military/rzbnq2x.html>，檢索日期：西元2019年3月8日。

技術研發戰鬥機飛行員或坦克車車長頭盔顯示器，即時呈現戰場情況，協助處理戰爭工作；另透過擴增實境技術，能夠清楚看到軍事設備的輔助性說明，特別於戰時，以易操作、高效率的維修方式，可為作戰人員節省寶貴時間。²⁶

美國國防部為加速推動美軍現代化，在2019年10月23日宣布：將於11月4日發出大規模5G測試的需求建議書（RFP）草案，選定4處基地進行相關設備與技術實測，以達成包括建構軍事用途物聯網（IoT）在內等目標（如圖五）。負責研發與工程（R&E）事務的

美國副助理國防部長波特，在洛城「世界行動通訊大會」專題演說中詳細指出測試的內容包括三大方向：首先是用於演訓與任務規劃的虛擬實境（VR）與擴增實境（AR）技術，以進一步強化大規模合成化演訓的效果；其次是被稱為「智慧倉儲」（Smart Warehouses）的物流追蹤系統，建立自動化後勤紀錄資料體系，減少後勤負擔；最後則是在不同軍種、任務與單位之間的，對於無線電波、雷達與通訊資料的「動態頻譜共享」（Dynamic Spectrum Sharing）能力，使網路頻寬與資源得以適切地分配，避免自身相干擾。²⁷



圖五 美國空軍利用擴增實境（AR）技術進行保修人員訓練

（資料來源：同註27）

26 蘇紫雲、曾怡碩主編，〈2018 國防科技趨勢評估報告〉（臺北：財團法人國防安全研究院，西元2018年12月），頁85。

27 王能斌編譯，〈搶占5G通訊制高點 五角大廈將於4基地測試〉，青年日報，<https://www.ydn.com.tw/News/357600>，檢索日期：西元2019年11月21日。

肆、我國陸軍模擬訓練發展運用

一、模擬訓練發展背景

堅實的部隊訓練制度是國軍建軍備戰重要的環節，鞏固國防之關鍵。國軍為提升戰備訓練效能，降低實戰訓練風險、資源與經費，已運用各項模擬器，使部隊在不受武器、裝備、天候及地形限制下實施訓練，以提升官兵實戰能力及戰場抗壓訓練。

國家中山科學研究院（以下簡稱中科院）於民國93年先後發展組合型戰車訓練模擬器及步槍射擊模擬器，使官兵可以透過與二維平面影像互動產生訓練效果；另中科院在2015年臺北國際航太科技暨國防工業展中發表沉浸式互動模擬射擊系統，研發適用於班（小隊）訓練模擬器，建置整合訓練系統資料庫，訓練人員戴上頭盔後，運用虛擬建置場景，訓練單兵射擊、跑、跳等基本動作。²⁸

二、模擬訓練運用現況

陸軍部隊現用訓練模擬器計有「T-91步槍射擊模擬器」、「組合型戰車訓練模擬器」、「直升機作戰訓練模擬器」、「雷射接戰系統」及「戰場抗壓心理模擬訓練場」等，相關模擬器訓練介紹如下：

（一）T91步槍射擊訓練模擬器

「T91步槍射擊訓練模擬器」是結合部隊訓練用的「射擊習會修訂本」中，各表次訓練所需的模擬環境而設計，其具有兩個主要的特色，一是系統以T91實槍研改，重量、操作方式與實槍一致；另一特色是「3D影像動畫仿真模擬技術」，環場配備5.1聲道射擊音效模擬功能，可模擬出風、雨、霧等環境，具備夜間模擬射擊訓練及曳光彈模擬功能；中控臺提供各靶位槍枝狀態及彈著結果顯示監控功能。²⁹

（二）組合型戰車訓練模擬器

戰甲車駕駛訓練模擬器係模仿真實M113、CM21甲車駕駛艙之元件配置及其功能製造，可使2個排，8輛戰車同時進行對抗，其特殊動感平臺可使學員實際感受到車輛的加速、減速與地形起伏的感覺，並藉由各種演練課目訓練學員的緊急應變能力。另建置具備完整高階連網功能的組合型「戰車動感模擬器」，具高階連網功能的動態模擬器可發展成單車、組、排、連對抗的訓練模式；藉由動感平臺，模擬實車射擊時所產生的後座力，以及駕駛崎嶇路面所引發的震動起伏等真實的臨場感，使學員宛如身歷其境，學習克服戰場恐懼感並培養臨場反應能力。

28 楊佳穎，〈3D模擬小部隊戰鬥！航太展秀「沉浸式互動射擊系統」〉，ettoday新聞雲，<https://www.ettoday.net/news/20150812/548903.htm>，檢索日期：西元2020年3月8日。

29 轉引自孫銘鴻，〈運用虛擬（擴增）實境科技提升機步部隊訓練成效之研究〉《陸軍步兵季刊》（高雄），第127期，西元2017年8月，頁104。

（三）陸航直升機飛行訓練模擬器

以AH-1W直升機為例，現建制2組於航特部歸仁飛訓部，其區分為內（操作區）及外（教官臺），以擬真方式投影出270度之立體影像，使操作學員能親身體驗，而教官臺可依訓練需求，設置天候及敵軍等相關參數，特殊動感平臺使學員實際感受飛機的加、減速與風速震盪的感覺，可依戰術編隊任務，將2組模擬機連線，同時執行單一任務，磨練無線電通話及飛行默契。³⁰

（四）戰場抗壓心理模擬訓練場

戰場抗壓館是為提高官兵心理抗壓能力而籌建的戰場心理體驗系統，分別在南、北測中心各興建一座。透過電腦視覺圖像技術，模擬景象投影在牆上，四周配有3D立體環繞音響、震動平臺，並搭配雷射光束、硝煙氣味、屍臭味等視覺、嗅覺感官傳導，營造戰場槍林彈雨的景象，訓員在訓練全程需穿戴識別背心及生理腰帶，用以掌握個人動態位置，並隨時觀察生理狀況；另訓員中彈後，生理腰帶會放出微量電流，反應出刺痛感告知已中彈，使其產生壓力，進而克服壓力，提高戰場心理抗壓素質。³¹

（五）雷射接戰系統

提供連級以下部隊實施戰鬥技能訓練，

主要利用雷射光束替代真實武器的實彈射擊，模擬射擊後敵我雙方人員及武器的狀態，為實兵模擬範疇。³²

三、擴增實境導入陸軍部隊訓練能力及限制

隨著科技發展，未來希望建構的訓場可以不受場地、武器、裝備、天候及地形影響實施訓練，並且透過敵情產生任務，區分階層從單兵訓練、小部隊戰鬥到聯合作戰演練，脈絡一貫遂行作戰行動，藉由新世代科技技術輔助下，使戰技、戰鬥、戰術演練更趨近實際作戰效度，提升官兵作戰訓練效力；以下針對擴增實境提升部隊訓練能力及導入限制因素實施摘要探討：

（一）提升部隊訓練

1. 克服訓場環境限制：臺灣地理環境屬人口、城鎮密度高、高山山脈綿恆貫穿南北地境，作戰區地境內囿於演訓基地幅員有限，大型聯戰訓場僅有屏東恆春三軍聯合作戰訓練基地一處，演訓期間常因戰術行軍、小部隊戰鬥演練或火炮射擊訓練等因素，遭民眾陳情抗議。因此，國軍訓練環境可參考美軍運用虛擬技術結合戰術訓練作為，方可有效解決訓場受限的問題，並可結合資訊網路遠

30 張琪閔、莊水平，〈由3D多維模擬訓練平臺淺論國軍部隊基礎訓練之研究〉《陸軍通資半年刊》（桃園），第127期，西元2017年4月，頁94。

31 同註30，頁95。

32 陸軍總部準則會，《作戰模擬學》（桃園：陸軍總司令部，民國91年9月），頁3-3。

距離傳輸，採異地同時的訓練方式進行聯合戰鬥訓練；另透過模擬訓練作為實兵參考的依據，不僅節省時間，更有效解決場地不足、移地訓練及民眾抗爭等問題。

- 2.降低風險與投資成本：「軍以戰為主、戰以訓為先」，軍隊必須密集從事訓練，以適應作戰的不確定性。然近年來國內民意高漲，且環保訴求促使演習、實彈射擊訓場不斷限縮，加上軍隊訓練所造成裝備損耗、基地演訓油彈消耗及人員訓練導致傷亡等種種情況下，如何提高訓練成效，又可兼顧訓練上的種種問題，顯得格外重要，以「基地戰力射擊」為例，受限於射擊訓場流路關係，基訓部隊測驗前一週實施練習後，次週就實施測驗，且一次戰力測射擊油彈消耗概估約數百萬元；在反裝甲武器射擊測驗方面，也分為一次練習射擊及鑑測，而射擊金額更高達數千萬元，運用資訊科技整合現有模擬器，並發展虛擬實境及擴增實境技術，使部隊訓練毋須受天候、地形等限制影響，提供仿真環境實施軍事訓練，並區分生手、半熟手及熟手等訓練項目強化訓員專業素養，訓練系統可針對訓員弱項實施反覆練習，提升專業熟稔度，使火炮射擊操作手在實彈射擊前，能確實充分練習，避免因操作不當致裝備損壞，防範訓練危安情事

發生，降低訓練成本。

- 3.強化官兵臨戰作為：國軍在當前安穩的環境中，缺乏實戰經驗亦無法懈怠；為扎實部隊訓練卻又顧忌訓練危安風險，而將高損傷訓練項目採替代方式施訓，雖有效降低危安風險，卻失去了作戰場景中的真實緊張氣氛；藉由虛擬訓練系統模擬戰場環境，將虛擬與現實及視覺和身體的感覺完美融合，讓參訓官兵如臨其境，感受戰場上的槍林彈雨、遭子彈擊中及身處惡劣氣候環境下作戰的感覺，磨練參訓官兵的心理素質，適應作戰環境。
- 4.提升兵推模擬價值：國軍現階段使用「聯合戰區層級模擬(JTLS)」及「聯合對抗與戰術模擬(JCATS)」等2項「推演式」電腦兵棋系統，其中JTLS系統運用於國防大學戰院、指參學院兵推與戰略研究及漢光演習等任務；另JCATS系統運用於學校教育(正規班及官分班戰術訓練)、基地測考、部隊演訓(聯信、協同、長字號操演)。藉由導入擴增實境技術將二維模式電腦兵棋推演提升至三維模式虛擬作戰景況，由兩軍部隊實施戰鬥演練，以獲取最佳行動方案參據，並將戰術戰法經驗參數記錄在資料庫，提供演訓部隊參考運用。

(二) 導入限制因素

- 1.預算資源獲得受侷限：國軍在有限之國

防預算下，主要以考量外在作戰環境與滿足主戰裝備為優先，內部訓練需求以基地訓練與實兵對抗演練為主要訓練方式；運用新興科技建構擴增實境聯合作戰訓練環境必須挹注大量人、物力及經費支援。

- 2.遠距連線設施未完善：建構一個完整的擴增實境聯合作戰訓練環境，必須要有強大資訊網路基礎建設支援，才能同步實施異地、連網、遠距操演；臺灣地區環島光纖主要由中華電信公司維護與建置，國軍因應戰備演訓任務期間可租用其專用電路實施鏈結，惟大部分營區內部電路仍使用傳統銅軸電纜傳輸訊號，對於使用異地聯網傳送影音訊號的擴增實境聯合操演訓練，易造成傳送訊號品質不佳。
- 3.系統開發技術未成熟：中科院在2015年已研發沉浸式互動模擬射擊系統，虛擬小部隊戰鬥想定，訓練單兵射擊及基本戰鬥作為。該系統目前仍在進行單兵戰術動作修正、訓場圖資製作、天候環境效果增修等細部項目研改，致尚未投入陸軍部隊模擬訓練科目；隨著虛擬技術不斷的精進，擴增實境技術運用在軍事訓練方面勢必將成為各國軍隊訓練發展趨勢，而國軍本著樽節國防預算政策，唯有透過中科院西向取經，獲取技術、自力研發適應我國本土作戰環境的

模擬訓練系統，以有效增強部隊訓練效能，提升作戰能力。

伍、結論與建議

一、結論

新時代的軍事科技發展對於虛擬技術將會更加依賴，各種軍事活動未來將隨著虛擬技術的發展而更加廣泛的運用。部隊的模擬訓練與戰備、制定作戰計畫、戰後評估及戰史分析等計畫，為所有軍事活動提供一體化的作戰訓練環境，其整體化的訓練模式將有助於部隊從虛擬武器裝備操作及戰場景象，順利地過渡到真實戰爭的環境中，發揮最佳戰力；可以為部隊訓練提供新方法，藉由擴增實境的軍事訓練系統，讓軍事演習可以更貼近真實戰場環境。

在建構擴增實境聯合作戰訓練整合系統技術面上是相當多元的，其所需要整合的技術需求包括：網路互動協定制定、克服異質性模擬系統間差異、模擬時機協調及分散式同步機制的研究等，除此之外，模擬系統之間參數資料的交換與整合及網路基礎都是建構擴增實境聯合作戰訓練系統所必須加以探討的課題。

二、建議

（一）建置虛擬環境訓場

陸軍模擬器訓練教室主要建置於兵監教育訓練指揮部，屬單兵戰鬥訓練模式，「擴

增實境聯合作戰訓練系統」參酌美國陸軍戰術擴增實境系統(TAR)技術，結合在陸軍規劃發展的合成化戰場環境系統中，置重點在聯合作戰的組合訓練項目；並規劃設置在南、北測考中心，作為地面部隊執行聯勇操演前的先期組合訓練，藉仿真實戰場景增強聯合作戰訓練強度與實彈攻擊能力，統合三軍聯合兵火力，使三軍幹部藉以充分瞭解各軍種之特性、限制因素，建立聯合作戰之默契，以強化部隊地空整體打擊能力，提升三軍聯合作戰效能。

(二) 擷節預算降低成本

運用訓練模擬器進行演練最大的特點是不需要大量動用真實武器系統，可在不影響訓練效果的同時節省大量經費成本。以美軍為例，1架F-16戰鬥機使用實兵仿真推演系統每小時訓練費用僅需900美元，儘管虛擬實境系統裝備與其他專業設備一樣昂貴，例如一頂配備完整跟蹤系統的頭戴式顯示器要價需要幾萬美元，美軍仍然願意使用，因為即使虛擬實境系統價格昂貴，然實質上仍大幅節省訓練所耗預算，因此，模擬訓練替代實戰演練將是未來軍事訓練主要目標。

(三) 雲端資料遠距連線

建構一個完整的擴增實境聯合作戰訓練環境，必須要有強大資訊網路基礎建設支援，才能同步實施異地、連網、遠距操演；雲端資料庫是利用雲端運算技術所建立出的一個共享資源的資料庫，可提供多個用戶使用，

透過瀏覽器、桌面應用程式或是行動應用程式來存取雲端服務，可增加使用的靈活性，輕鬆獲得更多資源。國軍因應戰備演訓任務不論是採機動式或固定式之載臺，未來結合海、空軍各訓練模擬系統，成為一個環島的擴增實境聯合作戰訓練環境，均需要完成的通資基礎建設。

(四) 整合模擬訓練資源

共同地理圖資平臺為實現擴增實境聯合作戰訓練環境必要元件，透過一致且正確的共同圖資，使各區域系統在演訓時擁有相同環境地理資料，並以兵科特性為考量，檢討兵種訓練要項，以「高危險、高強度、高價值」武器裝備及符合訓練效益之科目為優先，將擴增實境技術應用於各類型訓練模擬系統，如戰車駕駛、砲兵射擊、步槍射擊、UAV模擬系統與雷射接戰系統等，整合各系統間之圖資原始資料庫之差異並透過共同圖資產生工具及程序，製作各系統間所需之圖資，以快速整合或模組化各階層所需，使各級訓練更加彈性，提升訓練成效。

(五) 突破傳統兵推模式

在虛擬作戰環境中，可以提供2個(含)以上軍事單位同時演訓，不受地域、時間與空間的限制，可有效提高作戰訓練的效益，更能夠透過評估武器系統的總體性能，啟發新的作戰思維。藉由導入擴增實境技術將二維模式電腦兵棋推演提升至三維模式虛擬作戰景況，例如：漢光操演兵棋推演階段或長

字號操演兵棋推演階段，由參演部隊運用擴增實境聯合作戰訓練系統實施作戰演練，藉以發現、解決實戰中可能出現的問題，以獲取最佳行動方案參據；另可同時訓練指揮官利用虛擬現實技術，根據偵察情況資料合成出戰場全景模擬圖，使指揮官通過傳感裝置觀察雙方兵力部署和戰場情況，以便判斷敵情下達決心。

(六) 輔助裝備維修與訓練

美軍已於2019年10月23日宣布要使演訓與任務規劃的虛擬實境（VR）與擴增實境（AR）技術，以進一步強化大規模合成化演訓的效果；其次是在「智慧倉儲」（Smart Warehouses）的物流追蹤系統，建立自動化後勤紀錄資料體系，減少後勤負擔。³³

而我陸軍後勤訓練中心目前正研發「3.5噸載重車保修」、「油料作業」和「未爆彈處理」等虛擬實境教學訓練儀器，未來可結合擴增實境技術的建置，將虛擬資訊擴增到現實空間，利用攝影機的辨識技術與電腦程式的結合，使虛擬與現實進行同步互動，對後勤訓練而言，擴增實境技術創建的空間投影圖像，顯示操作指令、統計資料和重要資訊，將可增加學習者與虛擬環境之互動學習能力，進而提升官兵個人學習成效，不但能避免維修過程產生錯誤和人為疏失，還能有效

提高維修效率，並減少人員錯誤操作及人為搬運所造成的意外風險，降低裝備損壞情形發生。

因此，未來若能將擴增實境技術運用於國軍各項裝備維修、保養與人員訓練上，讓維修人員能夠進行遠距指導完成維修工作，不但可解決缺乏專業維修人員不足的問題，又可提高軍事裝備的妥善率。

作者簡介

陳姿萍中校，陸軍通信電子學校專業女性軍官班87年班、國防大學管理學院指參班98年班、國防大學管理學院戰略班103年班，現任職國防大學管理學院指參教官。

作者簡介

机慧瑛少校，陸軍通資電學校專業女官92年班、國防大學陸軍學院108年班，現任職於陸軍司令部教準部作戰模擬處資訊官。

33 郭正原編譯，〈提升後勤效率 美軍擘劃5G智慧倉儲〉，青年日報，<https://www.ydn.com.tw/News/376479>，檢索日期：西元2020年3月15日。