

第六章 作戰用沉浸式科技

吳自立*、翟文中**

壹、前言

運用擴增實境（augmented reality, AR）、虛擬實境（virtual reality, VR）、混合實境（mixed reality, MR）等延展實境（extended reality, XR）虛實體驗技術，打造近乎現實的情境，讓使用者體驗時能完全投入，產生連結與共鳴，稱之為沉浸式體驗（immersive experience）。廣義而言，XR 在軍事領域的運用已有相當長遠歷史。VR 是以將真實環境完全虛擬化，AR 則是將虛擬內容疊加到真實環境之中，所以 AR 技術是一種「虛實疊合」的技術，透過顯示裝置整合呈現虛擬與現實資訊。1990 年代初期，美國率先將 VR 技術運用於軍事訓練，當前廣泛運用於各國軍方的模擬器即是典型的 VR 技術產物。AR 技術在軍事作戰領域的首次運用距今已超過半個多世紀，1959 年英國航太系統公司為海盜式艦載攻擊機開發的抬頭顯示器即為例證，其可將飛行與戰術資訊投射到前方，強化飛行員的戰場認知以利其有效執行任務。近年來，隨著光學攝影、定位辨識與體感測量等軟硬體相關科技發展，提升 AR 與 VR 技術的混合運用而賦予更為合適的混合實境 MR 名詞，而延展實境 XR 則成為這一虛實混合技術發展頻譜的代表（圖 6-1）。2022 年 2 月，XR 技術被美國國防部列為 14 大關鍵技術領域之一。¹ 隨著 XR 技術的不斷成熟，XR 軍事領域應用也不斷拓展。本章將對 XR 沉浸式科技在軍隊作戰與後勤維保應用的優勢和現狀進展進行說明。隨著 5G、邊緣計算等技術的發展，將進一步增強 XR 能力與擴展 XR 技術的應用範圍。

* 國防安全研究院國防戰略與資源研究所副研究員。

** 國防安全研究院國防戰略與資源研究所助理研究員。

¹ “Critical Technology Areas,” *Office of the Under Secretary of Defense For Research and Engineering (USD(R&E))*, The Pentagon, Washington, D.C., February 1, 2022, <https://www.cto.mil/usdre-strat-vision-critical-tech-areas/>.

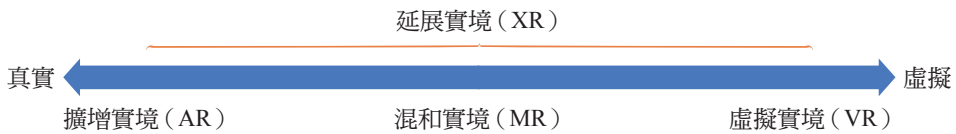


圖 6-1 XR 頻譜

貳、XR 用於作戰

隨著科技快速成長，未來戰爭將會轉型為高科技戰爭，各國的軍隊都持續創新、升級他們的技術，希望讓軍隊變得更加強大。而 XR 在此環境下，也成為各國爭先恐後追求的技術！各國國防組織已經預見到 XR 的進步，將在改善訓練、態勢感知、後勤支持、戰備甚至醫療訓練和程序方面帶來無限希望。通過將虛擬數據疊加在現實世界的視圖上，軍事人員可以使用 XR 技術更輕鬆地在世界上的任何地形上導航；知曉友軍的位置或報告的威脅；針對預期的戰鬥場景進行演練；甚至根據需要加入虛擬敵人和障礙物，以便能以更接近實況的體驗做好準備。他們還可以為醫療、維護或其他專業程序進行培訓和實踐。AR 係透過顯示器呈現虛擬與現實資訊之結合，係一種即時計算攝影機擷取影像位置及角度，並將數位資訊疊合至真實世界影像中之技術，這些數位資訊可以是文字、圖案、符號或有意義的資訊等等。² 由於 AR 的使用者係處在真實環境中，這些疊加後的圖像、影音或互動式資訊可提供使用者運用參考並對現實場景進行補充，³ 但是它無法完全地取代真實場景。即令如此，透過 AR 技術取得的各項疊加資訊無疑地可擴大使用者對周遭環境的整體性瞭解與掌控。在現代戰爭中，任何一方若能在戰場覺知 (battlespace awareness, BA) 領域取得優勢地位，無論在戰場決策下達或部隊實際接戰時，都可取得主動迫敵被動因應，從而取得戰場勝利。將情監偵 (intelligence, surveillance, and reconnaissance, ISR) 系統獲得的資訊融合並傳送至部隊或單兵就成為戰鬥

² 黃昱綸，〈解密擴增實境未來視界新樣貌—智慧 AR 趨勢大爆發〉，《智慧財產權月刊》，第 252 期，2019 年 12 月，頁 41-42。

³ 王祥昫、趙宥翔、田嘉豪，〈以擴增實境導入技勤訓練之應用〉，《空軍軍官雙月刊》，第 216 期，2021 年 2 月，頁 31-32。

致勝的關鍵因素。尤其在巷戰與夜戰等極端作戰環境下，AR 技術提供的高精確實時戰場環境覺知功能，將可降低接戰時的高風險與不確定性，並可強化單兵間與部隊間的協同作戰能力。換言之，隨著 AR 技術不斷成熟並運用於戰場，將會改變軍事決策與部隊接戰的固有型態，促使軍事作戰進入一個嶄新領域。⁴

一、戰術擴增實境裝備

- (一) AR 技術應用於作戰領域最為人周知的例子，即是戰機座艙前方玻璃或飛行員頭盔上的抬頭顯示器（Head Up Display, HUD）。這個裝置可將一些重要的戰術諸元，以向量圖形疊加到飛行員觀察方向的視野範圍內，如此可使飛行員不用分心去觀察儀表板上的數據和指針，能將注意力置於接戰時必須掌握的敵我相對態勢的各項實時情資。⁵
- (二) 美軍最新的「雙眼增強型夜視鏡」（ENVG-B）系統被稱為「抬頭顯示器 1.0」（heads-up display version 1.0）。此一應用 AR 技術的夜視設備以圖型疊加的形式為士兵提供更好的夜視和戰術資訊（敵人或友軍的位置等）。除此之外，進一步結合瞄準標線裝置，可藉由無線連接到步槍瞄準鏡，並顯示士兵瞄準的位置。依照美國陸軍步兵學校（Infantry School）指揮官多納休（Christopher Donahue）表示，參與測試者使用擴增實境顯示器的作戰殺傷力大為增加，亦即是武器命中精度提高。最重要的特性是，戰術擴增實境擁有無線網絡連結設計，允許士兵在小隊成員之間共享資訊或在戰情發生變化時得以輸入數據，可以提高士兵與友軍的戰場覺知能力，功能整

⁴ Alan Chen, 〈美軍測試全新視覺整合強化護目鏡系統〉，《TechNews 科技新報》，2021 年 5 月 25 日，<https://reurl.cc/KbZrye>；陳明陽，〈美軍大量採購 IAVS 頭盔，強化士兵情境感知能力〉，《DIGITIMES》，2021 年 3 月 15 日，<https://reurl.cc/vdre31>；李思平，〈整合式視覺增強系統：2021 年底開始讓美軍擁有科幻戰士的能力〉，《尖端科技軍事雜誌社》，<https://reurl.cc/b2Mk4d>。

⁵ Ronald T. Azuma, "A Survey of Augmented Reality," op. cit., p. 9.

合則意味著減少必須攜帶的設備數量，並能更有效率的進行接戰，以快速地做出決策擊退敵人。⁶

- (三) 狙擊槍輔助瞄準系統：由 ThirdEye、美國國防部研發。智能眼鏡供應商 ThirdEye 開發了一套應用於軍事領域的槍支輔助瞄準系統（PAWS），其特點是在槍支瞄準鏡上額外安裝一套電子配件，透過 AR 眼鏡即可為士兵實時顯示：風速、海拔、天氣情況、敵人距離等細節資訊。也就是說，PAWS 可以看作是一套電子瞄準鏡，支持通過 AR 形式實時呈現資訊，大幅提升作戰效率。⁷

二、頭戴式戰術顯示系統

AR 技術在作戰領域的運用除抬頭顯示器外，大多集中於地面戰鬥部隊的穿戴式裝置，例如眼鏡與頭盔等。如同抬頭顯示器般，AR 技術透過

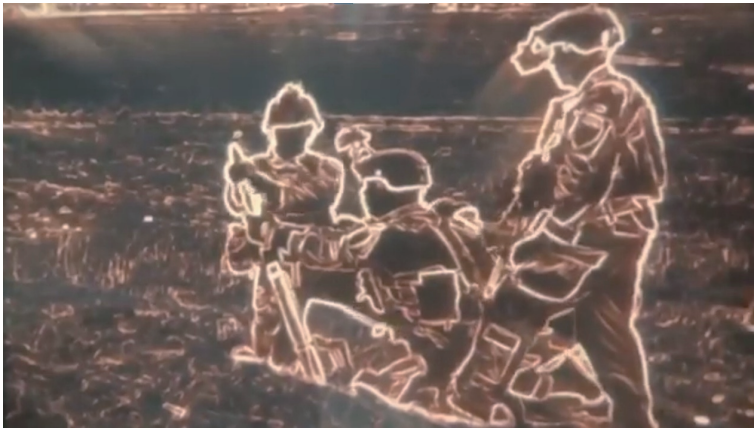


圖 6-2 雙眼增強型夜視鏡（ENVG-B）系統

資料來源：<https://www.cool3c.com/article/161551>。

⁶ Tande, 〈美國陸軍全新夜視鏡 ENVG-B 靠 AR 與白框強化夜間視覺 槍砲火線變成藍色〉，《COOL3C》，2021 年 5 月 11 日，<https://www.cool3c.com/article/161551>。

⁷ Cristina Brooks, “ThirdEye Gen X2 Smartglasses Take Aim at Military Applications with AR-Enhanced Weapons Sight,” *Next.Reality.news*, October 4, 2019, <https://reurl.cc/pMoLEe>.

與網路通訊的結合，可將作戰現場的地圖提示、建築標識、敵人位置、友軍情況和上級命令等資訊實時傳達給士兵，不僅提升單兵的環境覺知能力，指揮官亦能藉由此一裝備對士兵進行遠程指揮，如此便可建構一個強而有力的指揮與管制架構。⁸對於地面部隊，AR 頭盔和眼鏡可以提供更好的態勢感知能力——這意味著部隊可以精確定位自己的位置，定位周圍的其他人，並準確識別其他人是朋友還是敵人。這種顯示器還可以顯示其他資訊，例如與目標的距離，讓人想起電影「超人」（Superman）、「終結者」（Terminator）般的士兵圖像。

（一）「戰術擴增實境」（TAR）系統使用頭盔式目鏡，該目鏡通過無線連接到小型可穿戴計算機和定位系統。士兵佩戴的熱瞄準器以及武器的瞄準器也可連接到系統，增加了日/夜視圖、方向和武器瞄準數據顯示功能。TAR 取代了典型的手持 GPS 設備和護目鏡。士兵不必低頭檢查他們的 GPS 位置。武器裝備上還可以透過無線連接到 TAR 目鏡和士兵身上的平板電腦，讓士兵可以看到他們瞄準的目標以及與目標的方位距離資訊。顯示器內容可以分成兩部分呈現，士兵可以看到他們的槍指向的位置，同時也可以看到安裝在頭盔上的前置攝像頭的視野。士兵可以看到角落或牆外，沒有任何爆頭的風險。TAR 還包括一個無線網絡，允許士兵在他們的小隊成員之間共享資訊或在情況發生變化時輸入數據。戰術擴增實境平視顯示器可以提高士兵的戰場意識，減少必須攜帶的設備數量，並幫助更有效地擊敗敵人。⁹

（二）美國陸軍和海軍陸戰隊近年來投入大量資源，研發一種稱為「綜合視覺增強系統」（Integrated Visual Augmentation System, IVAS）的新型頭戴式戰術頭盔，該系統將合成訓練環境與真實數據相結合，以提高單兵的戰備狀態和效率。IVAS 項目基於微軟 HoloLens 2 所採用的混合實境（MR）頭顯技術，除可顯示關鍵資訊外，主要目

⁸ 張申、季自力、王文華，〈增強現實技術在戰場上的應用〉，《軍事文摘》，轉引自《每日頭條》，<https://kknews.cc/science/yvoqeqb.html>。

⁹ “Tactical Augmented Reality,” *U.S. Army*, May 24, 2017, <https://reurl.cc/2ZXoXX>.



圖 6-3 戰術擴增實境系統 (Tactical Augmented Reality, TAR)

資料來源：https://www.researchgate.net/figure/AR-image-of-the-TAR-system-used-by-the-US-military-In-October-2018-Mural-Arts_fig3_349233995。

的在於幫助部隊識別敵軍並能更快地做出決策。此外，IVAS 護目鏡還配備了熱感測器和微光感測器，以幫助使用者在黑暗中辨識環境與目標。此類 MR 系統比手持系統可讓使用者更容易聚焦於重要決策資訊而不容易分心。使用者透過護目鏡獲取即時有用戰場資訊，同時可以不必將視線從戰場實境上移開。IVAS 護目鏡可以結合面部識別功能或與武器連接，使士兵能夠在看不到敵人的情況下開火——這意味著士兵可以，例如將他們的武器放在建築物的轉角處進行準確射擊，同時可保持安全的掩護。¹⁰

以上美國的 TAR、IVAS 與另外類似的以色列陸軍的統治者 (Dominator) 「整合步兵戰鬥系統」 (Integrated Infantry Combat System, IICS)，¹¹ 這

¹⁰ “Integrated Visual Augmentation System PM IVAS,” *Program Executive Office Soldier, U.S. Army*, September 16, 2022 browsed, <https://reurl.cc/ZbErMl>.

¹¹ 〈實時信息共享、單兵戰鬥倍增器，以色列多米尼克步兵綜合作戰系統〉，《每日頭條》，2020年5月4日，<https://kknews.cc/zh-tw/military/x4z63rg.html>; Tamir Eshel, “Elbit Systems Extends Dismounted C2 System to Infantry Squads and SF Teams,” *Defense Update*, October 18, 2012, https://defense-update.com/20121018_dominator_ld.html.



圖 6-4 綜合視覺增強系統 (Integrated Visual Augmentation System, IVAS)

資料來源：<https://www.peosoldier.army.mil/Program-Offices/Project-Manager-Integrated-Visual-Augmentation-System/>。

些系統架構內容大同小異，均透過 AR/MR 技術用來提升並強化單兵的戰場環境覺知能力。

三、數位沙盤

沙盤推演一直是部隊用於作戰計畫、學官 / 員訓練的常見工具。通常以桌上或落地型平台構成，以縮小比例的立體地形、敵我單位模型構成，也稱為兵棋台。然而隨者 AR 技術軍事運用的開發，數位化的兵棋台未來可成為軍事應用的新工具。

- (一) 美國陸軍擴增實境沙盤 (Augmented REality Sandtable, ARES) : 美國陸軍研究實驗室於 2015 年完成了 AR 版數位沙盤 (ARES) 的原型開發，主要運用了現成的投影儀、簡單的 LCD 顯示器、筆

記本電腦以及微軟公司的電視遊戲機 X-Box 的 Kinect 技術。ARES 可大幅改進戰場視覺表現，減少製作兵棋台的地形和場景的時間與成本，並可快速切換不同場景，為訓員提供了深入的參與度。由目前的 ARES 數位沙盤發展觀察，其主要特點包括：1. 廣泛的地形類型選擇；2. 可用手勢控制；3. 即時地形生成（可現場用手「塑造」用以表示障地或工事等）；4. 符合人類感官的直觀的界面；5. 可跨區進行遠端程協作，有利不同單位同時參與；6. 系統具高度可擴展性。¹²

- (二) 澳大利亞 AR 海軍作戰系統：由微軟、SAAB、澳大利亞海軍共同研發，為基於微軟 HoloLens 所建構的一種可視化作戰指揮系統，澳大利亞海軍嘗試通過 AR 技術進行輔助作戰，包括查看 3D 可視化作戰系統，可以清晰地看到實時海陸空作戰工具。據悉，該系統最大的亮點是結合了 SAAB 先進的海軍防禦體系，並且以 MR 形

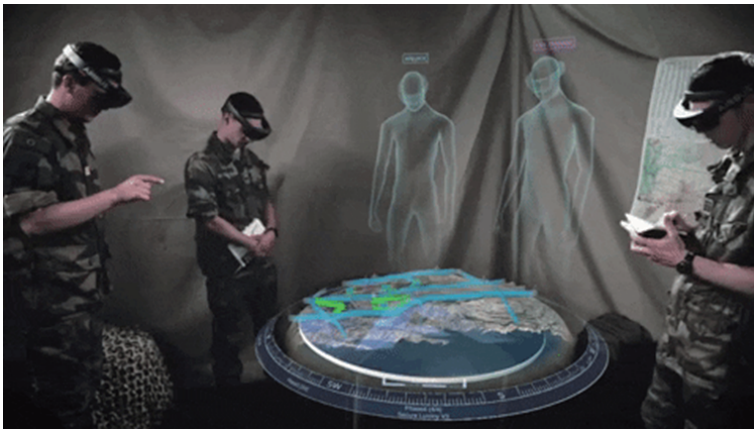


圖 6-5 法國空巴全息戰術沙盒作戰系統

資料來源：<https://hololens.reality.news/news/airbus-previews-military-sandbox-app-for-hololens-0203995/>。

¹² “Augmented REality Sandtable (ARES),” *Youtube*, January 21, 2015, <https://reurl.cc/zNoYop>.

式疊加顯示。而且後續還會結合戰術顯示介面，類似於 3D 全息顯示的方式，使整體作戰系統更清晰、更明確。

- (三) 法國空巴全息戰術沙盒作戰系統：特色在於運用全息顯示輔助決策。此系統與澳大利亞的 AR 海軍戰術指揮方案有些類似，法國空巴國防航空部門也有一套基於 HoloLens 的全息戰術沙盒系統。該應用其實就是一個 AR 版戰術沙盒，特點是基於法國空巴 Fortion Tactical C2 軍事應用系統，讓任務彙報或演習變得更具互動性也更方便、直觀，也可用於輔助決策等。法國空巴表示：與傳統戰術沙盒相比，AR 沙盒更能符合新時代軍隊的需求，同時它的互動方式容易瞭解，除了可以加速軍事計畫準備之外，還可支持遠程協作任務準備，及增強軍人對戰場的感知。利用 HoloLens 的手勢識別技術，可以透過旋轉、標記、操控等動作與全息地圖互動，並從各種角度查看地形，在上戰場之前找出地形優勢。¹³

四、遠端作戰平台

- (一) 以色列在 2019 年推出次世代戰甲車概念設計，利用既有 M-113 裝甲人員運輸車為基礎分成兩大部分改裝，首先將內部改為「玻璃座艙」，藉由大型螢幕提供車外環境，同時也可藉由遠距控制站進行操控，特別適合在城鎮戰環境中運用，除可提高戰場感知外，由於可由遠距控制，更可大幅降低士兵的傷亡。¹⁴
- (二) 挪威在 2017 年間，與 BAE System 公司合作，推出具備「360 度戰場視野」(BattleView360)¹⁵ 能力的 CV-90 步兵戰鬥車新概念設計，車內以大型顯示幕結合車外影像與各類資訊，因此被稱為「玻璃戰車」(Glass Tank)。實際上這都是 AR 的整合運用，可以大

¹³ Tommy Palladino, "Airbus Previews Military Sandbox App for HoloLens," *Next.Reality.news*, August 23, 2019, <https://reurl.cc/RX8v2Z>.

¹⁴ 李思平，〈未來戰鬥車的標準！未來戰鬥載具技術展示車【AUSA 2019】〉，《尖端科技》，2019 年 10 月 18 日，<https://www.dtmtdatabase.com/News.aspx?id=903>。

¹⁵ "BattleView360," *BAE SYSTEMS*, <https://reurl.cc/ErkGm1>.

幅提高車組人員的戰場感知與反應能力，若結合遠距影像傳輸與控制系統，則可搖身一變為地面無人載具，如同無人機般進行遠距作戰任務的執行，並可即時接戰。

- (三) 烏克蘭 Limpid Armor AR 坦克作戰系統：烏克蘭本土公司 Limpid Armor 開發了一套結合微軟 HoloLens 的軍事頭盔，以及一套完整的軟體系統。該項目專為裝甲兵種開發。據悉，由於坦克和裝甲兵的環境感知能力較差，視野通常受限。而結合 AR 頭盔之後，裝甲兵可以在坦克內部不用開啟艙門，即可通過 AR 觀察、敵我軍態勢。結合包括坦克集成光學或熱成像傳感器數據等系統數據，可為裝甲兵提供 360 度全場景的戰場覺知能力，甚至可據以指揮作戰行動。¹⁶

從前面各項作戰應用案例可知，在戰場上 AR/MR 是更好的選擇，因為它具有態勢感知能力。它將圖形疊加在透明鏡頭上，這樣就可以看到帶有附加資訊的真實世界。雖然 VR 可以在圖形現實中重現現實生活中的場景，以進行無限的測試運行和練習，但畢竟只是在全虛擬的環境中操作，有利於對高度危險的作業行動場景進行反覆演練，不適合也無法運用於戰場實地，但 AR/MR 可以。通過堅固耐用的 AR/MR 護目鏡，軍隊可以為部隊個員配備高度先進的資訊系統，使用疊加層資訊來識別目標和協助，查看和路徑查找以及資訊蒐集以獲得戰術優勢。

雖然我國地面作戰環境與美軍的遠征特性不同，我國地面部隊通常會在自己熟悉的環境下進行防衛作戰，和美軍動輒在不熟悉的戰場環境進行作戰的需求不同，對於地理環境資訊的依賴性也沒那麼強，但在高強度的戰鬥環境下，原有的地形地貌也會隨之改變。以俄烏戰爭為例，在長時間的敵火攻擊下，市鎮的建築被損毀、道路被殘骸封閉，原有的識別物可能也不復存在，這時，能有類似視覺擴增系統的設備，便能減輕作戰人員的負擔，使其專注在執行作戰任務行動，而不必分心去確認與辨識目前的所在位置。

¹⁶ John Mannheimer, "LimpidArmor AR-Enabled Tank Headset," *HICONSUMPTION*, September 5, 2018, <https://reurl.cc/nOyD3d>.

除此之外，AR/MR 系統的演進，對於地面作戰在指揮層級中，也能提供大幅的優勢。傳統的沙盤系統，受限於物理的沙盤，精細度與尺寸無法兼顧，敵方與友軍的單位即時位置的更新也需要藉由人工來進行調整，但以 AR/MR 技術整合的沙盤，則可以在有限的空間中，收納整個戰區的地理資訊，可進行任務的規劃與演習 / 作戰結束後的任務歸詢，由於相關的數據皆可數位化儲存，因此可以精準地重放整個演習 / 作戰的過程。在實際戰鬥中，前方作戰單位所獲得的即時資訊與感測器資料，也能藉由傳輸與後方決策單位供指揮官掌握即時的戰場資訊，除精簡人力外，視覺化的介面也有利於資訊的接收與處理效率。

參、XR 用於後勤維保醫療

一、使用 XR 技術進行設備維護提升裝備維修效率

運用 XR 技術，可以為武器裝備製作 1:1 的數位化形體，讓設備的每個部件以 3D 形式在顯示器上展現，並分布在對應的虛擬位置。有了它，無論設備多麼龐大，檢修人員都可以隨時檢修設備的任何一個部件，後方專家也可以藉助這一技術，指導現場人員進行檢修操作。基於 XR 技術，戰時裝備維修人員可迅速診斷出裝備的故障原因，並擬定恰當的維修方案，提高裝備維修效率。軍隊中使用的大多數裝備都具高度專業化與技術性，因此維護成本往往相對較高，技術人員需要專門的培訓。維保過程中的失誤不僅可能導致巨額的金錢責任損失，甚至可能使人員的生命處於危險之中。為了讓技術人員具備維修和維護重要裝備所需的專業知識，XR 技術正迅速成為最佳選擇。在 XR 技術協助的說明下，可以創建即時 3D 模型和視覺化指導，以簡化高度複雜的學習過程，從而減少失誤。

GridRaster 是一家應用 AI 與 AR/VR 技術改變軍事設備維護的方式的公司。通過掃描建構裝備的 VR 模型，該公司讓工程技師使用 3D 原理圖來瞭解他們正在處理的內容，然後通過 AR 指導來幫助識別元件。該公司聲稱，擁有不到 1 年經驗的美國軍事工程技師能夠在產品的說明下超越經

驗豐富的人員。¹⁷

AR 技術在工業製程與維修領域的成功運用，促使美國空軍實驗室於 2007 年時和哥倫比亞大學合作進行了「AR 維修」(Augmented Reality for Maintenance and Repair, ARMAR) 計畫，透過引進這項嶄新技術於軍事部門，可使軍事裝備的維護與修理成本大降並且更具效率。¹⁸ 例如，在這套系統的協助下，陸軍工程技師可在裝甲車輛狹窄的砲塔內執行 18 項現場修理工作。¹⁹ 2015 年，微軟公司成功開發 HoloLens，目前已開發到第二代，且已廣泛運用於軍方的維修作業。法國武器裝備總署 (Délégation Générale pour l' Armement) 則引進 AR 技術對戰機引擎進行維修檢驗，由於戰機引擎複雜且施工的工序相當複雜，運用 AR 技術可以有效降低施工人員工作負荷，亦可減少程序錯誤重新翻工所增加的額外成本。²⁰ 2021 年 3 月，美國海軍開發完成「AR 遠距維修支援服務」(Augmented Reality Remote Maintenance Support Service, ARRMSS) 系統，這套系統透過視訊與音訊將兩個不同地方的使用者連結。透過此套系統運用，可使艦隊維修人員在裝備故障與維修時，能與位居遠方的工程師同處一個空間進行討論。²¹ 如此，可減少隨艦出海工程師的數量，同時在裝備故障時能夠立即排除，確保裝備正常運作以利各項任務遂行。前揭不過列舉大端，事實上 XR 技術在軍方維修與保養領域的運用既深且廣，在節約人員與成本的考量下，已成為一股無可抗拒的趨勢。

17 “Aerospace & Defense,” *GRIDRASTER*, September 16, 2022 browsed, <https://reurl.cc/gMxak4>.

18 Steven J. Henderson and Steven K. Feiner, *Augmented Reality for Maintenance and Repair* (Ohio, Wright-Patterson AFB: Air Force Research Laboratory, August 2007), *passim*.

19 Wei Wang, Songgui Lei, Haiping Liu, Taojin Li, Jue Qu and Ang Qiu, “Augmented Reality in Maintenance Training for Military Equipment,” *Journal of Physics Conference Series* 1626(1):012184, October 2020, <https://reurl.cc/oQpZ0l>.

20 Josselin Droff and Benoît Rademacher, “MCO 4.0. Le potentiel destechnologies de l’industrie 4.0 appliquées au maintien en condition opérationnelle (MCO) des équipements de défense, Étude n° 65,” *IRSEM*, April 2019, p. 154.

21 “Augmented Reality Headsets Aid Navy Aircraft Maintenance,” *Military & Aerospace Electronics*, March 1, 2021, <https://reurl.cc/O4zEkg>.

二、使用 XR 技術執行戰場遠端醫療

美國 Purdue 大學的研究員 Juan Wachs 指出，「最困難的事情就是 —— 將手術相關專業知識提供給最需要的人（如戰場上缺乏經驗的醫生）」，所以設計出一款「擴增實境的遠距指導」系統，讓缺乏經驗的醫生在戰場、災害或是鄉村等地進行複雜的醫療程序時，皆能受到擁有豐富經驗醫生的遠端幫助。就算沒有資深醫生的領導，藉由穿戴 AR 技術的裝置，並遠端連結全球的專業醫療人員，讓缺乏經驗的醫生治療傷患時，可以及時得到專業醫療人員的指導，而虛擬刀路和實際手術部位的相疊合，也讓治療發揮到最大成效，降低傷亡人數。²²

過去在進行遠端指導（英文稱之為 telestrator）時，手術執行醫生的視線必須在傷患與螢幕間進行來回移動，也因此大大提升失誤產生的可能性，但 Purdue 系統讓使用者可以保持專注力在手術的過程，達到手術潛在失誤率的降低。美國海軍醫務人員已經在現場測試了用於護理提供、培訓和遠程指導應用的擴增實境系統。在 USNS Mercy 號醫院船上進行的一項測試中，一名醫院醫療人員使用 AR 護目鏡將模擬程序的實時影像轉播給聖地亞哥的醫生。當海軍艦艇在海上時，這種遠程呈現系統可以讓岸上的專家提供培訓指導，甚至可提供現場實時的醫療建議。²³

肆、台灣產業特性

國發會於 2018 年 3 月啟動「亞洲·矽谷計畫 —— 推動擴增及虛擬實境產業鏈結全球商機」推動計畫，以「XR EXPRESS TW」為品牌形象，已輔導超過 100 家（次）新創團隊，媒合國內外大型企業，並帶團參加 2018 年 InnoVEX、加拿大 VR/AR Global Summit 與日本 SIGGRAPH Asia

²² “System for Telementoring Using AR,” website of Juan P. Wachs at the School of Industrial Engineering at Purdue University, September 16, 2022 browsed, <https://web.ics.purdue.edu/~jpwachs/>.

²³ “Surgeons May Get Remote Assistance with New ‘Telementoring’ System,” *Purdue University News*, August 24, 2015, <https://reurl.cc/lel7aY>.

等國際型科技展會。此外，為提供更完善的國際交流網絡以及資源互惠共享管道，「XR EXPRESS TW」亦與全球最大 AR/VR 社群矽谷 SVVR、日本首家 AR/VR 育成中心 Tokyo XR Startups 等建立合作關係，期能透過上述資源，幫助台灣新創團隊順利開拓海外市場，將台灣的創新能量帶向國際，並推動國內產業轉型升級。²⁴ 國發會所推動的專案係由「社團法人台灣虛擬及擴增實境產業協會」（TAVAR）²⁵ 承接執行，並於 2019 年開始發布《台灣 XR 產業白皮書》，²⁶ 內容包含台灣與全球 XR 產業發展現況、台灣 XR 產業政策建言以及 XR 產業應用等等資訊。

雖然 XR 能為產業帶來重大的變革，但是當前台灣 XR 的產業環境仍有問題待克服。XR 產業需要資訊管理、3D 圖像、跨領域知識等三面向的人才。目前資訊管理的人才較充足，而 3D 圖像專業人才和跨領域整合人才仍需要學界加速培練補充。

就產業生態來說，XR 完整的產業鏈包含了硬體、內容和服務三大塊，台灣廠商在這三大領域的投入相對失衡，主力廠商幾乎都集中在硬體方面，而內容和服務等軟體方面的廠商數量雖已有提升，因多屬新創，資本規模差距甚遠。對於要投入硬體領域的創業者來說，這樣密集的產業群聚自然是帶來了便於尋找製造團隊的環境，但對於軟體內容開發商來說，由於缺乏資金支持，很難做大，當內容不足，相關的服務也就很難撐起來，綜效也就不容易發揮，如此循環就會深陷畸形的產業環境。為改變這個狀況，政府已將 XR 產業的發展政策視為國家級的戰略，積極整合資源與分配，給予內容開發商更多的支持和扶助，尤其是基於硬體或是專利技術上的整合開發應用，利用我們密集的硬體製造資源，發揮更大優勢。

當然僅僅是扶持相關內容開發商是不夠的，相關法規也必須及早研擬與即時調整，為產業整體鋪設有利的環境。台灣產業發展往往技術領先需求，需求領先法規，法規永遠都是走在最後，因此當相關服務要發展時，

24 〈AR/VR 團隊屢獲國際關注 為台灣新創開啟世界大門〉，《國家發展委員會產業處》，2019 年 2 月 19 日，https://www.ndc.gov.tw/nc_27_32135。

25 https://www.tavar.tw/about_tavar.aspx。

26 《2020 台灣 XR 產業白皮書》，《XR EXPRESS TW》，<https://reurl.cc/LMZ9KX>。

往往會受到現行法規限制。台灣產業約三成集中在電子製造業，而 XR 產品將會是各種產業的重要發展關鍵，政策法規能否及時因應產業的發展，將會影響擁有國際級技術的國內廠商在國內深根發展的意願。

伍、小結

即使世界正在走向和平，世界各地的軍隊仍在繼續為任何糟糕的局勢做好準備。與大多數專注於提高士兵殺傷力的軍事技術不同，XR 專注於提高作戰效率，使其應用通用且具有成本效益。隨著戰術優勢，而不是原始火力成為衡量軍隊實力的新標準，XR 技術在戰爭藝術中找到了永久的立足點。此外，隨著 5G 網路的推出，憑藉其速度、容量和數據響應以及雲技術的處理能力，XR 技術的運用將變得容易，相對地也由於 XR 屬於資訊系統應用的特性，資訊安全保障也須同時確保。XR 這類沉浸式技術追蹤使用者的感受、判斷、反應和更廣泛的特徵等等最私密的一些數據，想像一下當這些資訊落入壞人之手時會發生什麼。另外，假訊息的影響亦需要予以關切，考量一個假訊息突破資安漏洞，透過 XR 裝置將戰士帶到一個有危害的戰區。戰士是否能百分之百放心信任透過 XR 裝置接收到的訊息是可靠的？在將當今的 XR 技術應用於軍事場域時，就像使用人工智能一樣，國防組織領導人需要闡明明確的使用規則和協議，確保單位與個人能以道德、負責任的行為來使用。此外，於創建沉浸式系統和操作方式時，徵詢從神經科學家到行為理論家等的不同領域專業意見，將有助在降低技術風險的同時保護軍事人員。

未來戰場是陸、海、空、天、電多維一體的數字化戰場，擴增實境技術虛實融合、人機交互的特點，對於軍事應用具有得天獨厚的優勢。隨著數據的應用範圍變廣，有越來越多的國家積極將 XR 技術導入作戰環境中，希望藉此加強軍事戰況的分析能力，提升軍隊戰力，走在科技戰爭的前端。

