

我國機器人產業軍事運用之研究

A Study on the Taiwan's Robotic Industry in Military Application

潘政熙 (Cheng-Hsi Pan)

海軍備役中校

張家璵 (Chia-Huan Chang)

國防大學海軍指參學院中校教官

摘 要

機器人為近年許多國家積極投入研究之新興產業，部分先進國家更是致力於軍用途發展，企圖藉以提升其國防力量。因此，這類技術發展極可能成為另一場改變國防競爭型態的軍事事務革新。近年，國軍歷經裁軍政策及兵役制度變革，衍生兵源不足、士兵招募不易等潛存問題，部分先進國家以機器人來協助任務或取代人力，既符合國防工業發展走向高科技化，又能結合民間產業並解決社會問題，未來是我國可以參考的方向。綜觀目前科技發展趨勢，其實不難發現，利用機器人的戰爭，不再是遙遠的未來，而是正在發生的事。檢視戰鬥人員的生命成本及各種任務的威脅性，就不難瞭解為何機器人在各國擴大使用將是一種邏輯的必然，當小而精、小而強、小而巧的少量部隊要完美執行任務，則更需要轉用昂貴人力於其它的優先工作，而運用自動化系統去從事例行事務則可發揮更好的效果。本研究從產品面蒐集歐美與其他國家的發展現況，針對機器人產業進行觀察與分析，並進一步彙整歸納出發展的整體趨勢，分析我國機器人產業之優勢、劣勢，嘗試在新一波軍事革新下，期為建軍備戰提供另一條道路。

關鍵詞：兵役制度變革、軍事事務革新、機器人產業、軍用機器人

Abstract

Today, due to the military policy adjustment, some advanced countries tried to solve the shortage of manpower by building iron armed forces "Robot." It can not only solve the problem but also integrate the development of national defense industries and private industries to the robotics field.

Robotics is a rapidly growing field; it is an interdisciplinary branch of engineering and science. These technologies are used to develop machines that can substitute for humans and replicate human actions. Robots can be used in many situations and for lots of purposes in the military, most of them are used in dangerous environments (like bomb detection and deactivation), or where humans cannot survive (e.g., in space, underwater, in high heat, and clean up and containment of hazardous materials and radiation). This essay is trying to analyze

the development of robotic industries in the advanced countries, especially in the field regarding military usage. And then look back to our country's robotic industries development to see if we could give the MND a proper package of advice to integrate the capabilities of national defense industries and private industries for the RMA (Revolution of Military Affairs) to enhance the capabilities of armed forces to the next generation.

Keywords: Military Service System Reform, Revolution in Military Affairs, Robotic Industry, Military Robot

壹、前言

我國兵力結構自民國82年推動「十年兵力案」起至103年「精粹案」完成，總兵力從49萬餘人調降至21萬餘人，¹ 縮減之幅度達50%以上，但部隊面臨的任務與挑戰卻日益艱辛。從區域安全角度來看，我國除了面對中共不斷打壓威脅外，尚存在與鄰國在東海、南海主權及海洋權利爭議問題，除此之外，對內面臨少子化士兵招募不易、天災人禍頻仍等非傳統安全威脅，可謂威脅相對較高的國家。

觀察2019年全球前十大國防開銷國，中國大陸編列之國防預算已達5.4兆元新臺幣（1,770億美元），位居亞洲第一，為全球第二，僅次於美國。² 反觀我國108年國防部主管預算編列3,405億元新臺幣，雖已較107年3,277億元增加了128億新臺幣，³ 但仍與主要

假想敵的中國大陸相去甚遠，故106年國防報告書也早已述明，國防財力應以「積極爭取、合理配置、有效運用」為目標，⁴ 期能在有限資源下發揮國防預算之最大效益。

軍隊作戰型態伴隨科技發展而改變，在兵力縮減及部隊任務複雜且多樣化的現況之下，「人」已不見得為必須親自身陷戰場的必要條件，未來科學家預測到了2020年底，機器人將超過士兵數量，成為未來軍隊中不可或缺的一部分，⁵ 而部分國家現已逐漸使用機器人來執行部分軍事任務。美軍早在2014年宣布他們考量減少軍隊人力數字，為了在有限兵力下能維持效率，將採用更多的非人力型態，未來幾年將逐步採用更多的機器人。⁶ 發展軍用機器人既符合國防工業走向高科技化，又能提升民間產業能量，我國若能將部分預算，投注在機器人開發上，除了可以支援人力負荷，亦能減少人事支出及傷

1 國防部，〈中華民國106年國防報告書〉，頁61。

2 ANALYSIS, "The World's Biggest Defence Budgets in 2019," *Army Technology*, 13 Jun 2019, <<https://www.army-technology.com/features/biggest-military-budgets-world/>>（檢索日期：2019年7月23日）

3 國防部，〈中華民國108年國防白皮書〉，頁114。

4 同註1，頁115。

5 王崑義，〈新形態戰爭機器人的重要性〉，《王崑義部落格》，2007年6月3日，<<http://blog.sina.com.tw/wang8889999/article.php?entryid=520933>>（檢索日期：2019年10月21日）

6 Evan Ackerman, "U.S. Army Considers Replacing Thousands of Soldiers With Robots," *IEEE*, 22 Jan 2014, <<http://spectrum.ieee.org/autaton/robotics/military-robots/army-considers-replacing-thousands-of-soldiers-with-robots>>（檢索日期：2019年11月7日）

亡成本，達到「打破時空限制」和「資源分享，節省成本」這兩個目的。⁷另外，從災防角度而言，近十年來我國經歷數個災害性地震；平均一年至少有5個以上颱風侵襲，如果有救災型機器人，人命關天的救援工作可望更加順利。⁸

各行業人力成本節節高升是不爭的事實，美國銀行研究報告顯示，機器人成本愈來愈低，過去10年下滑27%後，未來10年還將續跌22%，對雇主來說，聘請人類員工已不再划算，⁹目前國防預算中人員維持費仍佔較大比例，¹⁰據評估若要順利推動募兵制，每年要多花600億元。¹¹臺灣民主基金會於2018年4月民調顯示，有將近7成比例的年輕人當面對中國大陸武力進犯臺灣時願意挺身而出投入戰場保衛國家，¹²但在走向全募兵制的過渡時期，在國防經費有限情況之下，面對無法充足兵源問題，找出方法替代欠缺的人力，是值得研究的課題。

自第一個機器人的具體概念問世以來，歷經多年的發展已有相當具體的成果，各種用途的機器人在科技的運用與整合上突飛猛進，向實用、普及化邁進，¹³先進國家更致力投入發展於軍事用途以提升國防力量，顯

然這已不是遙不可及的未來式，而是正在發生且必然影響世界的事實；國軍在面對未來充滿高度不確定性安全挑戰的複雜因素，在推動部隊人力精減政策的同時，亦可參照其他國家因應相關問題的模式，考量以我國產業能量建置機器人來替代人力之可行性。本文就以下面向切入探討：

- 一、從產品面蒐集歐美與其他國家的發展與使用現況，研析有無可供我國借鑑之處。
- 二、針對我國機器人產業現況進行觀察與分析，瞭解我國在整體機器人產業涵蓋範圍，諸如上、中、下游供應鏈及市佔率優劣，關鍵零組件產製供應情形，學界研究成果等面向。
- 三、彙整歸納我國機器人產業發展之優、劣勢，探析國內目前機器人產業發展技術投入或轉用支援於軍事之可行性，成為建軍備戰另一條道路。

然為求集中研究焦點，同時契合研究主題之需求，本文研究範圍將限定於機器人實際運用及相關產業本身問題，及探析工業發展投入軍事運用之「技術執行可行性」，就成本部分不將執行面細部分析納入主要考

7 中央社，〈讓機器人協助解決我國全募兵制長期困境吧〉，《中央通訊社》，2014年1月27日，<www.cna.com.tw/postwrite/Detail/141567.aspx#.Vj1kgLcrLIU>（檢索日期：2019年11月25日）

8 沈聿宣，〈起床吧！別人的機器人兵團早已開拔〉，《壯闊臺灣》，2015年9月14日，<<http://www.thrivetw.org/archives/707>>（檢索日期：2019年11月25日）

9 MoneyDJ，〈機器人成本低，恐讓所得更不均〉，《科技新報》，2016年1月19日，<<http://technews.tw/2016/01/19/robot-substituent-workers/>>（檢索日期：2019年11月25日）

10 同註3，頁115。

11 同註7。

12 財團法人臺灣民主基金會，〈「2018臺灣民主價值」民意調查記者會新聞稿〉，《臺灣民主基金會》，2018年4月19日，<http://www.tfd.org.tw/export/sites/tfd/files/news/pressRelease/0419_press-release_pdf.pdf>（檢索日期：2019年10月31日）

13 江文川，〈軍用機器人發展現況簡介〉，《陸軍學術月刊》，第43卷第495期，2007年5月，頁78。

量；另外，機器人適法性相關爭議不予論述，並將探討時間軸設定在未來10年，若依摩爾定律推論，¹⁴ 25年後機器人運算能力將是現在的數倍，¹⁵ 更何況30年、50年後已超出想像範圍。

貳、機器人與軍事運用

未來，不同型式的傳統與非傳統威脅以及不同戰場環境，仍將持續存在各種挑戰，而針對「戰鬥人員生命保護」的需求只會愈來愈迫切，這也是軍隊持續不斷努力的原因之一，如果能夠現在就開始準備並預判未來戰爭之性質，思考未來的新危機，也許面對挑戰，能夠在更安全的基礎上從容應對。

一、軍隊面對之安全挑戰

(一)區域安全情勢

1.傳統安全威脅

近年隨著中共經濟成長，其國力相對提升，國防預算逐年增加，進而大幅推動軍事建設，積極參與國際任務，以確保其國家利益。而現階段亞太安全情勢，呈現由美國與中共相互競合之戰略態勢，各自尋求與區域國家結盟或強化戰略夥伴關係。¹⁶ 伴隨2018年美國川普總統提出「印太(Indo-Pacific)」戰略構想後，區域安全的天秤產生微妙變化，使潛在衝突風險升高，對於和平穩定帶來不確定的變數與挑戰。

2.非傳統安全威脅

國際恐怖主義將極端思想散播至世界各地，且攻擊目標已不再侷限於特定國家。我國就曾遭國際恐怖組織伊斯蘭國列入恐攻國家名單。¹⁷ 此外，如2014年高雄氣爆、2017年臺南地震、2018年花蓮地震等重大事件，或因天然災害所造成的洪水、土石坍塌、有毒氣體散布、火災、流行疫情等，都極可能連帶影響國家安全與經濟發展。

(二)國軍面臨的挑戰

國軍任務除了建軍備戰、勤訓精練外，近年政府又將災害防救視為我部隊平時重要任務之一。綜觀上述國家安全情勢，可發現國軍部隊的任務愈趨複雜艱鉅，就軍隊人力縮減情況下，已自然形成嚴峻挑戰。

1.中共軍力擴張與我國防資源受限

近年中共綜合國力大幅成長，高調且大力擴張軍備，現階段兩岸總體軍事實力已失去平衡，威脅我國家生存安全。中共領導人習近平於2019年1月《告臺灣同胞書40周年》提出「一國兩制臺灣方案」，重申未放棄武力犯臺選項。¹⁸ 國軍部隊當前面臨國防預算緊縮，部隊青壯人力來源有限之處境。以現階段國內整體經濟狀況看來，未來政府稅收勢必仍無法大幅提高挹注國防事務經費。部隊必須更妥適配置運用國防資源，創造最大效益；同時強化國防自主，藉推動

14 摩爾定律(Moore's Law)是指IC上可容納的晶體管數目，約每隔18個月便會增加一倍，性能也將提升一倍。是由英特爾(Intel)名譽董事長戈登·摩爾(Gordon Moore)長期觀察發現得之。

15 P.W. Singer, 〈military robots and the future of war〉, 《MyOOPS開放式課程》, <<http://www.myoops.org/main.php?act=course&id=2056>> (檢索日期: 2019年12月2日)

16 同註1, 頁14。

17 國際中心綜合報導, 〈臺灣國旗現ISIS影片〉, 《三立新聞網》, 2016年5月2日, <<http://www.setn.com/News.aspx?NewsID=108525>> (檢索日期: 2019年12月2日)

18 同註3, 頁30。

軍民間共同科技發展，同步引領產業升級，達成「國防科技自主」及「促進國家經濟發展」雙贏目標。¹⁹

2. 災害防處與人道救援

臺灣飽受颱風、豪雨、地震、突發氣爆及口蹄疫等事件的威脅，國軍基於災害防救之法定職責，支援地方政府遂行災害防救任務，²⁰ 肩負保衛國家安全、維護民眾福祉之使命，並已將「災害防救」列入國軍中心任務之一，將持續組建「平時能救災、戰時能作戰」具備快速反應、防災制變能力的部隊。²¹

然從以上敘述觀之，近年我國軍隊任務型態已朝多元化發展轉變，除持續強化戰訓本務以因應一般傳統安全威脅之外，亦需隨時投入應付突發天然災害救援等非傳統安全威脅。然而運用在救災與打仗的部隊，裝具投資標的必然有落差，加上少子化趨勢及國家整體兵役制度調整，如何組建能在救災、作戰快速轉換的「士兵或裝備」，值得思考。未來學家預測到了2020年底，戰場上機器人運用數量將超過士兵，成為未來軍隊中不可或缺的一部分，而部分國家推動運用機器人取代人員投入戰場執行部分軍事任務已成為趨勢。在我國兵力縮減及部隊任務複雜且多樣化的演變之下，「人」已成為部隊執行多元任務中最重要有生戰力及資產，是否仍為投入戰場第一線之必要條件，值得深

思與探討。

二、機器人運用於軍事用途之概念發想

科技發展帶動新式軍用武器技術興起，因應對生命價值的愈加重視，使用機器人減少人員傷害已演化成為潮流，先進國家均大力投入發展軍用機器人，提升精準戰鬥能力並避免無謂人員傷亡。

世界各國主流發展的軍事機器人類型達上百種，功能遍及不同的作戰應用領域，如偵察、排雷、化生放核、攻擊、補給、防禦等。國防戰備的素質與實力，是確保國家安定的重要基石，軍用機器人將在未來成為戰場主角，掌握國際軍事主流，如何建立機制，整合與運用科技人才資源，積極發展與研析軍用機器人，為當前軍事單位所面臨的挑戰。²²

現實中，軍用機器人正逐步在戰場得到廣泛運用，並引領著世界新一輪軍事變革。不會受傷、生病，不知害怕、疲憊，守紀律、不怕犧牲等，機器人具備許多的「非人性」，恰恰是人類在戰場上渴望卻所不具備的特性。²³ 美國國防部機器人計劃辦公室前負責人戈登強森就說：「它們不會感到飢餓，不會產生恐懼，也不會忘記長官的命令。即使有人在它們身邊中彈倒下，它們也毫不在意。難道它們不比人類幹得更出色嗎？」²⁴

軍事裝備無人化已成必然趨勢，各類型的軍用機器人正在大量開發製造投入試驗，

19 國防部，〈中華民國104年國防報告書〉，頁59。

20 同註1，頁156。

21 同註19，頁60。

22 同註13。

23 祁雷，〈展望無人化戰爭25年後半數美軍不是人〉，《南方日報》，2015年11月30日，<<http://www.chinanews.com/mil/2015/11-30/7647532.shtml>>（檢索日期：2019年11月20日）

24 同註13。

無償替代血肉之軀遂行作戰。因此有專家學者認為「20世紀地面作戰的核心工具是坦克，21世紀則很可能是機器人」。²⁵ 根據美國軍方透露的消息，機器人及無人系統未來將在前線扮演更吃重的角色；例如美軍陸上無人系統研發計畫，便指示美軍考量大量使用無人武器，以便將部隊面臨的危安因子降至最低限度，如今美軍已有超過100項戰鬥任務可由機器人協處。²⁶

自有史以來，人類發生過數次戰爭的變革，或許是長槍進化成子彈，馬車進化成坦克大砲，可能改變了打擊距離、殺傷半徑、作戰速度，而機器人的出現則從本質上改變了一個原本不容質疑的事實，那就是「人」再也不盡然必需身陷戰場的當然要素，就變化量而言這是一個很高程度的軍事事務革新(Revolution in Military Affairs, RMA)。

據統計全球已超過60個國家在軍隊編制了機器人，種類超過150種。隨著科技高速的推陳與進展，現代機器人具有高機動性與活動靈敏等優點，美國「未來學家」雜誌預測到了2020年，戰場上的機器人將超過士兵數量，而「機器人兵團」亦將成為未來軍隊編制中不可或缺的一部分。²⁷

前瞻未來發展，加入戰場的機器人家族會更為多元，各類型機器人在戰場上將成為重要的作戰工具，其主要趨勢為仿生、微型

化、自主化、集群化、匿蹤等，²⁸ 整體機器人產業從個別技術面向來說不算是新鮮事，但從末端整合應用來看，絕對可以說是一個新興且具有高額產值的明日之星。

三、機器人於戰場運用之實踐

人類文明邁入21世紀後，可以發現機器人已逐漸取代人力，投入各工作環境。除了早已運用於工業協助生產製造外，部分國家甚至將其加入作戰序列，成為部隊可靠的生力軍，用以擔任偵察工作，或加入武裝戰鬥行列，協同攻擊敵目標。在資訊技術、電子控制、機械總成快速發展的今日，或許未來在科幻電影中才會看到的機器人搏殺場面將成為真實。

2014年8月1日的環太平洋軍演(Rim of Pacific 2014)中，除了例行的火砲射擊、綜合演習、海上聯戰行動、人道救援等聯合軍演科目外，吸引外界注意的還有美軍初次使用仿生機器驢(Robotic Mule)正式納編部隊參與演訓。²⁹ 此仿生機器驢編制於陸戰隊，作為協助載運後勤補給使用，以提供戰場所需並使戰鬥人員可從事更為靈活的戰術行動。依照參與實驗編裝官兵的觀察，此一機器驢具有良好的機動與靈活性，可在多數（約80%）地形中自我保持平衡，惟因運作噪音值無法克服，暫時無法大量部署於戰場使用。³⁰ 依目前已公開的影片觀察，可看出此一機器

25 李鵬、胡梅，〈國外軍用機器人現狀及發展趨勢〉，《國防科技》，282期，2013年10月，頁17-22。

26 蔡東杰，〈新形態戰爭機器人的重要性〉，《青年日報》，96年6月3日，第3版。

27 同註26。

28 祁雷，〈展望無人化戰爭25年後半數美軍不是人〉，《南方日報》，2015年11月30日，<<http://www.chinanews.com/mil/2015/11-30/7647532.shtml>>（檢索日期：2019年11月20日）

29 BBC, "US marines test robotic mule at RIMPAC, Hawaii," *BBC News*, 14 July 2014, <<https://www.bbc.com/news/av/technology-28290945/us-marines-test-robotic-mule-at-rimpac-hawaii>>（檢索日期：2019年12月20日）

30 Jack Linshi, "U.S. Military Takes Robotic Mule Out for a Stroll," *Time*, 15 July 2014, <<http://time.com/2987608/us-military-robotic-mule/>>（檢索日期：2019年12月1日）

驟已具備極高的完成性，可攜帶重物活動於車輛無法抵達的崎嶇地形，人機介面也符合官兵習性，除口語命令外，也可利用士兵入伍前都已習慣的電視遊戲機之搖桿控制。³¹

世界上最早在戰場試驗投入無人載具的是德國，1940年德軍研制出名為「哥利亞」的遙控履帶車，可說是現代「無人地面載具」(Unmanned Ground Vehicle, UGV)的鼻祖。德軍的設計是一種小型可遙控、全履帶的載具，可酬載50公斤炸藥，並於1942年正式加入部隊服役，前後共生產了7,500輛。³²

同為早期作戰機器的濫觴，無人飛行載具(UAV)，亦由德國於1943年拔得頭籌，³³亨謝爾公司HS-239遙控滑翔炸彈可算是首次出現的無人飛行載具，透過無線電遙控，可以打擊8.5公里外的目標，擊沉盟軍艦艇達40萬噸，後續改良版本更裝上電視鏡頭作為導引，另外可自動追蹤雷達波的反輻射衍生型、以及滑翔炸彈，都成為戰後飛彈、無人機的設計範本。³⁴

參、先進國家及我國機器人產業發展現況

英國著名宇宙物理學者霍金(Stephen Hawking)，在2015年阿根廷召開的國際人工智慧會議(International Joint Conference on

Artificial Intelligence, IJCAI)上提出，³⁵人工智慧設備的開發，可能會造成不需要人為操控的機器人在數年內實現，人類正在全力開發智慧設備的道路上越走越遠，而這一智慧設備最終會擺脫人類控制，並成為可以操控武器的敵人而威脅人類社會安全，簡言之，「機器人戰爭將成為現實」。

一、各國機器人產業研發及投入作戰實例

機器人可以大幅改善士兵的作戰環境，提高效率，受到各國高度重視。美國國防部2009年公布了《2009～2034年無人系統發展路線圖》，開發滿足未來戰爭的無人化系統。五角大廈甚至宣佈，在2020年將讓「機器士兵」的數量多於真實士兵的數量。此外，其他國家也制定開發計畫。如俄羅斯將其列為未來改變國家競爭力的核心技術領域之一；韓國開發能夠進行邊境巡邏的警戒衛哨機器人，代替士兵執行站崗嚇阻功能。同時，以色列、加拿大、歐洲各國都研製出各種機器人，以應對未來無人化戰爭。³⁶

(一)美國機器人發展研究

目前，美國軍用機器人技術無論是在基礎技術、系統開發、整合列裝方面，還是在實戰測試經驗上都處於全球領先地位。美國軍用機器人開發與應用涵蓋陸、海、空等各兵種，是少數具有綜

31 蘇紫雲，〈機器人戰爭來臨臺灣勿缺席〉，《新社會政策雙月刊》，35期，2014年8月，頁48。

32 同註31。

33 每日頭條，〈世界第一種投入實戰的空艦飛彈，在武器發展史上有著劃時代的意義〉，《每日頭條網站》，2018年6月10日，<<https://kknews.cc/military/8o45v6n.html>>（檢索日期：2019年12月20日）

34 同註31。

35 James Maynard, Elon Musk, Stephen Hawking, & Steve Wozniak, "Fear Development Of AI Weapons Will Create Killer Robots," *Tech Times*, 28 July 2015, <<https://www.techtimes.com/articles/72256/20150728/elon-musk-stephen-hawking-steve-wozniak-fear-ai-weapons-development.htm>>（檢索日期：2019年11月20日）

36 曲道奎，〈中國機器人產業發展現狀與展望〉，《中國科學院院刊》，第30卷第3期，2015年，頁342。

合開發、試驗和實戰應用能力的國家。美國國防部指出，無人系統將繼續承擔更多3D(Dirty、Dangerous、Difficult)即「骯髒的、危險的和困難的」的軍事任務。³⁷

值得一提的是，2016年4月7日美軍為一艘無人軍艦舉行下水典禮，該艘測評軍艦將在無人駕駛且無人遙控狀態下，自行於海上遂行偵巡任務，時間可達數月，其命名為「海獵人」(Sea Hunter)，若能有效運用此先進無人駕駛科技，面對日漸複雜的海洋威脅，可提升相當助益。該艦造價約6.5億元臺幣，每日作業維持費只等同人力操縱船艦的一小部分。美國國防副部長沃克(Robert Work)說：「這是美國首次擁有全自動駕駛能力的跨洋船艦。」將於未來5年內部署於西太平洋地區，成為成本效益極高的潛艦追蹤艇。³⁸另外，美國國防部於1958年成立的國防先進研究計畫署(Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA)³⁹及1992年從麻省理工學院底下獨立出來波士頓動力公司(Boston Dynamics)⁴⁰對於機器人研發與其投入戰場之運用均投入相當大的資金及研究能量且迄今成果豐碩。

(二)日本、韓國機器人發展研究

在日本，由於人口老齡化趨勢嚴重，需要機器人協助減輕勞力工作，因此將服務機器人作為一個戰略產業培養，⁴¹日本政府提國家發展八大計畫，將機器人擺在第三位。⁴²南韓將服務機器人技術列為未來國家發展的發動機產業之一，作為一個新的經濟成長點來發展，⁴³所提出的十項國家發展進程，也將機器人列於第四位。⁴⁴

日本素來有「機器人王國」美稱，知名大公司都在從事機器人的研發製造，民間也有許多相關投資，參與機器人的設計開發。一些服務型機器人只要技術成熟，隨時可以轉為軍事用途，立即投入生產。日本自衛隊完成一項機器人野戰應用可行性的研究，制定了一項10年研究計畫。計畫分為近期、中期及長期三個階段。近期計畫的目標是開發探雷及排雷機器人；中期目標是使機器人在不平的地面行駛，並具有半自主控制能力；長期目標是推進特別研究。

南韓軍方為實現打造機器軍團的願景，估計到2018年止投入約9,000億韓元，韓國可能成為全球3大機器人技術強國之一，

37 黃遠燦，〈國內外軍用機器人產業發展現狀〉，《機器人技術與應用月刊》，第2期，2009年3月，頁25-31。

38 桂家齊，〈美軍自動駕駛軍艦下水〉，《蘋果日報》，2016年4月8日，<<http://www.appledaily.com.tw/realtimenews/article/new/20160408/834130/>>（檢索日期：2019年11月27日）

39 DARPA, <<https://www.darpa.mil/>>（檢索日期：2019年12月15日）

40 Boston Dynamics, <<https://www.bostondynamics.com/>>（檢索日期：2019年12月15日）

41 同註36。

42 劉佳惠，〈羅仁權：臺灣要繼續被韓國吃死死嗎〉，《CTIMES》，2013年3月29日，<<https://www.ctimes.com.tw/DispNews/tw/%E7%99%BE%E8%90%AC%E6%A9%9F%E5%99%A8%E4%BA%BA/%E5%B7%A5%E6%8E%A7/%E7%84%A1%E4%BA%BA%E5%B7%A5%E5%BB%A0/%E7%BE%85%E4%BB%81%E6%AC%8A/%E5%B7%A5%E6%A5%AD%E6%A9%9F%E5%99%A8%E4%BA%BA/1303291813L3.shtml>>（檢索日期：2019年12月15日）

43 同註36。

44 同註42。

該計畫「神盾」機器人在伊拉克通過實戰測試，開始為駐伊韓軍站崗放哨，以防止武裝分子的夜間偷襲。這款機器人集偵察和戰鬥能力於一身，裝備了紅外線和影像感測器，能夠覺察並追蹤可疑目標。此外它還裝備了火力系統，可以代替哨兵24小時執行警戒任務，據報導該型機器人對目標的射擊精確度達99%以上。⁴⁵

(三)歐洲各國機器人發展研究

英國目前研製的機器人當中，屬Wheelbarrow遙控車最為有名，主要用於清理爆炸物，該型機器人已生產500多輛，分別配屬於40個國家。法國AID公司研製一種RM200型(6×6)輪式機器人車輛，用電纜控制，主要用於清理炸彈等。德國目前有14家公司和一些大學研究機構從事機器人研究。陸軍也積極給予資助，並考慮若干應用範圍。⁴⁶

為了在新一輪軍用機器人競賽中佔得先機，歐洲各國採取聯合研發戰略，歐洲多家機器人相關企業團體組成的歐洲機器人聯盟，與歐盟的執行機構歐盟委員會都共同出資投入相關研究，其中最經典作品便是由法國達梭公司領頭，與希臘、義大利、西班牙、瑞典和瑞士等合作研發的「神經元」匿蹤無人戰鬥機，該型機的發展策略即參與研究各國提供國內相對頂尖技術，例如瑞典

SaaB負責總成設計、燃料系統，義大利阿萊尼亞航空工業（波音、洛克希德·馬丁等許多大航空工業公司的合作夥伴）提供武器火控系統、電子系統。⁴⁷

作為老牌軍事強國，俄羅斯在發展軍用機器人上也不甘示弱。2014年，俄羅斯國防部制定並通過了研發機器人系統並應用於軍事領域的規劃，提出2017年到2018年開始大量列裝機器人。⁴⁸

(四)中共機器人發展研究

韓美日積極透過機器人產業擴展國防實力，儘管中共目前處於研發初段班，但也動作積極，⁴⁹據國際機器人聯合會統計，2014年全球工業機器人銷量中國銷售約占全球市場25%，⁵⁰從2015年到2017年，中國大陸工業機器人市場以25%以上的速度穩定增長。⁵¹

中共前已於「服務機器人科技發展『十二五』專項規劃中」就述明「服務機器人技術是集機械、資訊、材料等多學科交叉的戰略性高技術，對於相關技術與產業的發展起著重要的支撐和引領作用。⁵²接續在2014年11月把機器人技術路線發展及機器人產業納入十三五規劃（第13個5年規劃，2016～2020年），將持續加大對機器人產業的資金支持力度和政策扶持，發展目標是「要讓機器人產業在全球的競賽上從跟跑到領跑」。希望

45 同註25。

46 同註23。

47 “Unveilling the nEURONn Europe's UCAV demonstrator,” *Dassault Aviation*, 2005/6/13, <<http://www.dassault-aviation.com/gb/actualite/actualite/article.cfm?id=2388>>（檢索日期：2019年12月5日）

48 同註23。

49 同註8。

50 同註36。

51 黃仲宏，〈從全球自動化產業的市場規模看2015年臺灣機器人產業的發展契機〉，《智慧自動化產業期刊》，2014年12月號，2014年12月，頁10。

52 中華人民共和國，〈服務機器人科技發展「十二五」專項規劃〉，頁1。

在市場不斷擴大的同時，也提高機器人在高階市場占有率，以降低對於進口機器人的依賴。⁵³ 此外軍用機器人技術的研究與開發，由國防科工委預研專案中予以支持。中共在機器人核心技術的創新研究、基礎零件的可靠度及大量生產等方面，與領先國家仍存在差距，但透過國家策定發展計畫支持，正在加緊迎頭趕上。⁵⁴

中國北方工業公司仿製波士頓動力的Big Dog，推出「山地四足仿生移動平台」。另2011年中國國防科技大學研發的紅旗HQ3無人駕駛車，據稱成功完成長沙至武漢長達286公里的道路實測。中共國防機構推動著機器人研發的同時，民間機器人產業已逐漸成熟。大疆創新(DJI)搭上近年崛起的無人空拍機商機，打造出頂級多軸飛行器，讓該公司拿下全球民用無人機市場的七成市佔率。2015年矽谷創投公司Accel Partners就使用7,500萬美元投資大疆創新，讓該公司的市值直逼80億美元。⁵⁵ 以中共的仿製（逆向工程）經驗，若與民間科技交互結合運用，迎頭趕上產業列強也不無可能。

二、我國機器人產業發展現況

根據工研院產業科技國際策略發展所(Industrial Economics and Knowledge Center, IEK)及國外知名調查研究機構的研究統計，全球工業機器人及服務型機器人的需求將逐年攀升（如表1）。⁵⁶ 自2006年起以每5年為一區間，比較產業型（工業型）機器人與服務型機器人（軍用機器人屬服務型範疇），可以發現服務型機器人將自2016年以後，逐步超越產業型機器人產值。

由於各國機器人產業前景看好，我國政府也已將其訂為下世代重點發展產業，並納入「擴大投資新興產業推動方案」，透過產品開發計畫與產業科技專案等措施，協助推動產業發展。經濟部工業局指出，我國推動智慧型機器人產業的重點工作，包括加速產品商品化、強化產業發展環境及協助擴展市場。⁵⁷ 為了培養機器人產業所需人才，工業局也積極透過機器人競賽，促成大專以上實作與機電整合人才，投入機器人相關領域之研發並參與競賽。

檢視我國機器人產業現況可以發現我國

表1 2006~2021全球機器人市場需求趨勢比較

（單位：百萬美元）

	2006	2011	2016	2021	11/16	16/21
Industrial robot	6,640	8,690	11,650	15,600	5.5%	6.0%
Service robot	1,540	3,560	8,550	17,800	18.2%	19.2%

資料來源：黃仲宏，〈臺灣智慧型機器人產業的現況分析與發展動向〉，《智慧自動化產業期刊》，2014年6月號。2014年6月，頁5。

53 同註51。

54 同註37。

55 同註8。

56 黃仲宏，〈臺灣智慧型機器人產業的現況分析與發展動向〉，《智慧自動化產業期刊》，2014年6月號，2014年6月，頁2-13。

57 經濟部工業局，〈101年度智慧型機器人產業發展推動計畫期末執行成果報告〉，2012年12月24日，頁3。

機器人產值逐年上升，但若依照工業局策略規劃，我國智慧型機器人發展概分為三個進程，2013年是第二階段結束，預期產值應達到新臺幣900億元，實際產值僅達到新臺幣521億元，距離原設定的目標還相當遠，顯然未來仍有相當大的進步空間。根據國際機器人協會(International Federation of Robotics; IFR)統計資料顯示，服務型機器人主要運用領域以國防為主流，並自2014年後呈現持續增長趨勢，為反觀我國機器人產值分布，服務型佔10%；工業型佔90%，比例懸殊，而10%的服務型機器人中，我國運用於軍事國防比例也僅佔少數。

我國產業現況在業者成績方面，多數以產業型或組裝代工著有成效，包括上銀、和椿、長毅、華寶通訊、皇田科技都已投入智慧型機器人產品，更有業者推出自有品牌，部分產品關鍵組件國產化比例達60%以上，例如上銀的多軸機械手臂與自動化創新研發享譽國際，六軸多關節機器人，國產化比例40%；上銀及台達電子的平行結構機器人，國產化比例更高達90%。台達電子的四軸SCARA機器人，國產化比例也已達90%、鑫億則是達到70%。⁵⁸ 鴻海近年發展機器人事業版圖，與阿里巴巴、日本軟銀合作產製人型機器人「Pepper」於日本大受好評，讓日媒稱讚鴻海實力，恐將撼動號稱機器人大國的日本。此外鴻海在十年前投入自動化機器

人研發生產，目前富士康廠區已有6萬人力工作，交給機器人去打理。⁵⁹ 目前我國進入機器人產業的發展目標第三個階段（2014～2020年），將發展成為全球智慧型機器人主要製造國，鎖定利基產業市場為發展方向，以智慧好生活及進入全球市場為推動目標，發展之產品領域以特殊用途服務及醫療輔具等列為重點。⁶⁰

三、各國發展態勢與我國可借鑑之處

科技創新戰略向來為國家發展戰略重要一環，在各國，政府和民間共同發展不同領域的次世代機器人。歐洲正啟動一項總投資額為28億歐元的跨國合作研發計畫。美國則在嘗試軍用技術向民用技術移轉嫁接。而日本則主導了輔助型機器人的國際安全標準制定，韓國、俄羅斯、中共等都急起直追，競爭正在愈演愈烈（如圖1）。

就筆者看來，各國不論是在發展初期或產品測試研改，不外乎都由政府或有關需求部門協助出資開始，例如歐洲的180家機器人相關企業及團體組成的歐洲機器人聯盟(European Robotics Association)正執行投資額28億歐元的「技術革新計畫」(the Scholarly Publishing and Academic Resources Coalition, SPARC)。歐洲機器人聯盟向該計畫出資約21億歐元，歐盟的執行機構—歐盟委員會也出資約7億歐元。除歐洲企業擅長的產業機器人，該計畫還準備開展用於醫療、護理、家

58 DIGITIMES企劃，〈臺灣智慧型機器人產業現狀與發展〉，《DIGITIMES中文網》，2013年5月27日，<<http://www.digitimes.com.tw/tw/dt/n/shwnws.asp?CnIID=13&Cat=70&id=335901#ixzz45cn6bjG9>>（檢索日期：2019年11月25日）

59 MoneyDJ，〈鴻海Pepper量產實力嚇到日本〉，《科技新報》，2015年8月7日，<<http://technews.tw/2015/08/07/foxconn-pepper-japan/>>（檢索日期：2019年11月29日）

60 科技產業資訊室，〈2019年全球機器人銷量的40%在中國市場〉，《科技政策研究與資訊中心》，2017年8月25日，<<https://iknow.stpi.narl.org.tw/Post/Read.aspx?PostID=13709>>（檢索日期：2019年12月27日）

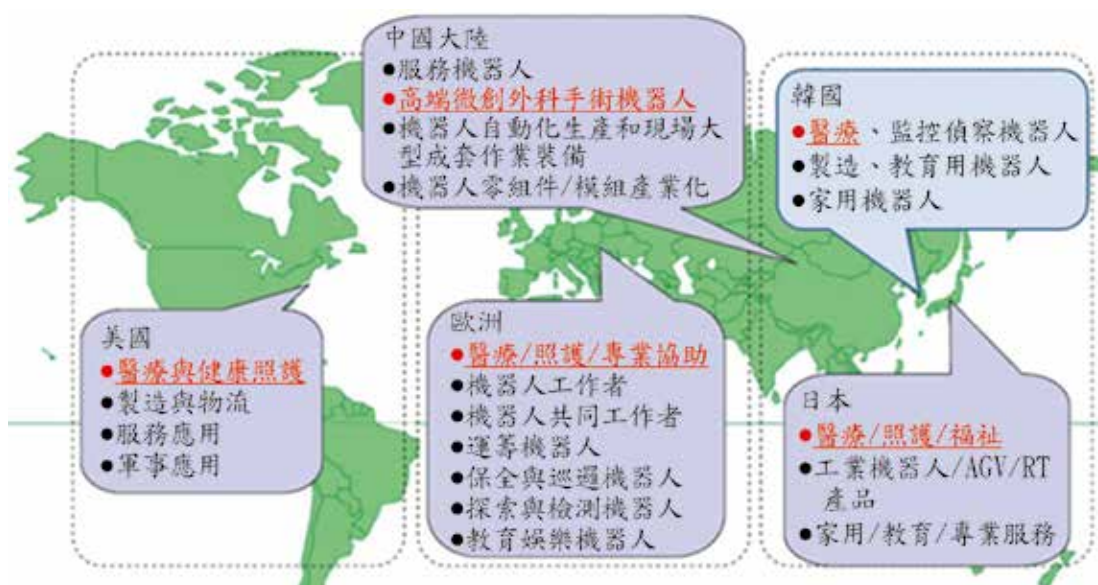


圖1 各國機器人政策發展項目⁶¹

資料來源：陳文貞，〈智慧型機器人產業發展探討〉，《智慧型機器人產業技術發展委員會》，頁15。

務、農業和運輸等領域的機器人研究，預測在2020年全球機器人產業市場將可達600億歐元（如圖2），預期可在研究開發方面解決1萬2,000人的就業，包含連帶服務產業共計實現24萬人的就業，⁶²使整體市場大幅成長。

美國於2009年提出機器人發展藍圖，其機器人產業以人工智慧與研發技術為主，在服務型機器人市場的發展方向上，美國比較注重於人工智慧與控制技術的研發。⁶³美國的優勢在於將軍用技術轉化為民用技術，其中的一環就是美國國防先進研究計畫署開展的災害救援機器人大賽—「機器人挑戰賽」。通過向比賽優勝者支付高達200萬美元的獎

金，來激勵開創高新技術。2014年東京大學成立的創業企業在該挑戰賽中獲得了預賽冠軍，之後便被美國谷歌收購。

日本目前正以新能源和產業技術綜合開發機構為中心，投入研發力量。2015年2月，國際標準化組織(ISO)採用了日本主導制定的生活輔助型機器人的安全標準。由於該領域對安全性能具有較高的要求，因此掌握主導權將對日本有利。日本在世界產業型機器人領域處於領先位置。發那科和安川電機兩家日本企業佔據了全球市佔率的一半。在醫療機器人領域，日本製造的可穿著型機器人也在歐洲首次被認證為醫療器械。日本正在

61 陳文貞，〈智慧型機器人產業發展探討〉，《智慧型機器人產業技術發展委員會》，100年10月，頁15。原著整理自美國2009年提出機器人發展藍圖，歐洲2009年提出2020歐洲機器人願景，日本2009年提出機器人產業政策以及韓國於2008年通過機器人開發與普及促進法，中國大陸於12-5計畫資料摘錄。

62 加藤貴行、川合智，〈三國爭霸機器人產業〉，《日經新聞中文版》，2014年6月25日，〈http://www.tairoa.org.tw/column/column.aspx?column_id=1621&column_type_id=7〉（檢索日期：2019年12月7日）

63 李昆忠，〈智慧型機器人產業趨勢分析〉，《中國生產力中心管理知識中心》，2013年1月7日，〈<http://mymkc.com/articles/contents.aspx?ArticleID=21442>〉（檢索日期：2019年5月25日）

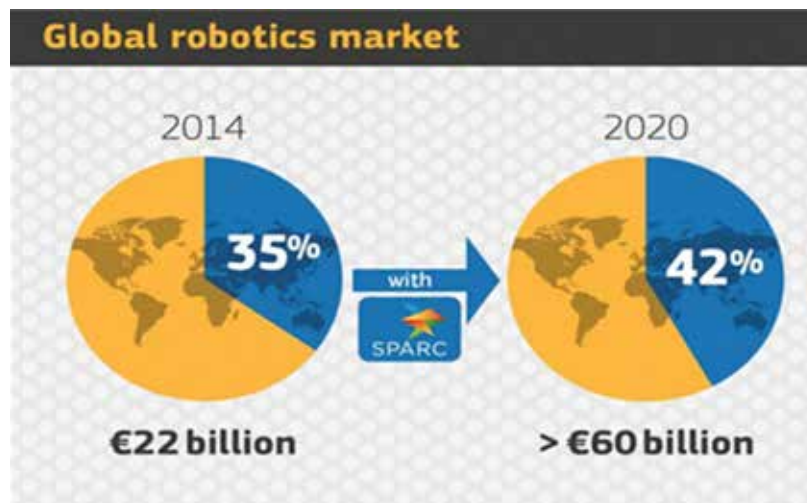


圖2 SPARC提升全球機器人市場

資料來源：〈產業翻身就靠機器人，歐盟投注千億資金壓寶〉，《科技新報》，<<http://technews.tw/2014/06/15/eu-launches-worlds-largest-civilian-robotics-programme/>>（檢索日期：2019年9月16日）

不斷推進類似的技術革新。根據日本經濟產業省與新能源和產業技術綜合開發機構的統計，日本國內的機器人市場在2035年預計將超過9.7萬億日元的規模。其中，包括災害救援等的服務領域機器人市場預計將增長至4.9萬億日元的規模，發展前景廣闊。⁶⁴

芬蘭手機大廠NOKIA中文廣告標語：「科技始終來自於人性」。發明通常起源於需求而成就於想像力。日本軟銀看準高齡化社會市場，研發Pepper搶攻陪伴型機器人大餅；中共大疆搭上全球空拍熱潮，靠著多軸飛行器大發利市，不但吸引外資增加就業機會並且獲利豐碩。「需求」也讓全球列強為了保家衛國，推動機器人研發，美國DARPA看到了執行救災任務的實際需要，舉辦了一場為期33個月的國際機器人挑戰賽，不僅讓機器人列強精銳盡出交互交流，進而讓谷歌收購公司網羅人材，從長遠來看這也是美國

之福；而韓國不但參加了比賽，還因為現場佈滿瓦礫，而研發出有膝關節的機器人，勇奪冠軍，創造商機。「需求」更讓韓國公司DoDAAM為了對抗強敵保護國民生命而創造智慧型武器，鞏固邊境安全並一石二鳥開拓外銷市場。

目前帶領我國國防科技發展的中山科學研究院，仍在積極延攬人才欲發展保家衛國的科技，除了持續招募頂尖好手進入公部門這個途徑外，善用社會現有研發能量，將資源及經費挹注於民間企業的模式，亦不失為一條可行的道路。⁶⁵ 在沒有具體需求的情況下學習它國政策推動產業發展，可能淪為紙上談兵陷入東施效顰的困境。然而我國確實有機器人產業可以補強的區塊。例如災害防救，根據行政院的統計我國近十年共有7個災害性地震；平均一年會遇上5次颱風。在2016年，國軍因應天然災害出動救援人次就達九

64 同註62。

65 同註8。

萬六千多。⁶⁶ 如果能發展救災型機器人協助部隊參與任務，人命關天的救援工作可望更加順利。

肆、我國機器人產業發展及軍事運用需求

從各國機器人發展歷程可以得知，軍事與民間科技很難分離獨立發展，從無到有是相輔相成的演化過程，從現今我國機器人產業發展來看，較大多數是專精於工業型機械手臂，服務型教育、娛樂及照顧機器人面向，對於軍事應用相對著墨較少，從零組件角度切入，我國目前在機構及控制元件上已能自給自足，惟要投入軍用機器人整機組裝或產製，以現今技術水準還有一定困難度，即便是以學習仿製國外現有產品方式生產，關鍵技術突破及系統穩定與否，仍是未來應持續努力方向。

一、產業特性與競爭力

工研院預估2020年臺灣機器人產業產值將為650億元。⁶⁷ 整體來看我國機器人產業的產值，從2008～2015年，全球市占率約略都在4%～6%之間，單就數據來看可能微乎其微，但仔細考量全球整體產業分布，保守估計有超過50%產值掌握在四大領跑公司手上，分別是日本YASKAWA、Fanuc、德國KUKA、瑞士ABB，若再加上義大利

COMAU，甚至能超過60%，⁶⁸ 意即全球其他起步較慢的國家只能掌握剩下40%不到的產值，從這個觀點來看，我國產值比例可以說是相對較高，如能逐次提升到超過7%，有望成為世界機器人產業重鎮之一。

智慧型機器人產業涵蓋範圍甚廣，整體產業鏈上、中、下游含括機械、自動化、電機、光學、資訊軟體、電子、通訊、安全系統、創意內容等相關技術與應用。從供應鏈來看，除了終端產品，智慧機器人產業還包括零組件與創新服務等環節，其中零組件包含感測器、伺服馬達與驅動器、影像與視覺系統、無線通訊元件、控制器、語音模組、定位模組等，⁶⁹ 至今我國已經建構完整的機器人產業鏈，從整機產品、零組件供應到創新服務市場方面，均有不錯成績，⁷⁰ 且近年我國在完整產業鏈整合下，正從生產平價產品階段邁向高階產品研發生產階段。

下游整機組裝廠有一大部分代理銷售、並維修國外品牌大廠之產品為主，屬自由品牌廠商不多。以盟立自動化公司為例，雖過去曾創立自有品牌自行開發產業用機器人，惟投入國內終端市場後銷售情況不佳，不得不改以應用系統之研發暨搭配代理銷售維護國外品牌大廠安川之產業用機器人為主要營運模式。然鑒於大陸臺商製造業受大陸勞工工資急遽上漲且不斷缺工困擾等因素，對於

66 依據行政院中央災害防救會報2011年至2016年之統計數據顯示，參考網址<https://www.cdprc.ey.gov.tw/Content_List.aspx?n=B6A36C8F7E40E856>（檢索日期：2019年11月25日）

67 Money DJ，〈工研院：臺灣機器人產業產值明年估達650億元〉，《理財網》，2019年10月25日，<<https://www.moneydj.com/KMDJ/News/NewsViewer.aspx?a=a6aad9dc-bda3-4765-b486-2725def2a434>>（檢索日期：2019年12月27日）

68 相關文獻記載均不同，此為本文整理綜合之平均數據。

69 劉家瑜，〈臺灣打造完整供應鏈機器人產業潛力雄厚〉，《Trade Magazine》，No. 245，2011年11月，頁49。

70 同註56。

導入工業用機器人等自動化設備需求愈益積極所產生出龐大市場商機，已有國內下游業者創立自有品牌進行組裝產製行銷。目前上銀科技、精銳、和椿科技、程裕機械、福裕機械、及天行自動化科技等國內公司都已經開始投入研發產製產業用機器人。而國內廠商素來賦有高度彈性、快速應變。與配合客製化之優越能力，不僅將追求大廠之自動化設備市場，未來亦將朝開發適合中小企業之客製化產業用機器人。⁷¹

然而若進一步分析上游關鍵零組件國內外廠商市佔率、國內機器人產品優劣勢，仍可發現我不足之處，目前國內有產製機器人或相關組件之業者，較少有能力開發高階機種，主因為國內生產關鍵零組件能力，部分掌握於國外廠商手上（例如感測元件），造成整體市佔率下降，而下游整合應用廠則被迫向國外採購零組件，成本自然較國外整合產品高，價格無法與他國大廠競爭；另外下游整合產品受限品牌知名度，專利布局限制發展等，銷售拓展不易，容易轉型為銷售維保外來廠商整合產品，對我技術發展不利；再者，從服務型機器人終端產品來看，完全看不到軍事領域整合產品，筆者認為原因為係在確定量產交貨前，廠商投入研發成本完全無法回收，且我國軍部隊實屬小眾市場，僅有中科院這類主要業務為國防科技及主要武器裝備研究發展之行政法人單位能投入長時研究，研究成果又可能與世界尖端脫節，因此當務之急，必先從產業上游之關鍵技術與關鍵零組件開始研發產製，在上游具有開

發及量產高階關鍵零組件能力後，以較具競爭力之價格提供中下游組裝廠，發展出品質穩定且價格具競爭力之機器人。如此我國產業鏈始能不斷累積能量提升產業整體競爭力。

另外，在學術領域，我國研發團隊亦具世界級水準，有我國機器人學界教父之稱的羅仁權教授，領軍臺灣大學智慧機器人及自動化國際研究中心屢創佳績，他不僅是我國目前唯一一位擔任過國際電機電子工程師學會(Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE)總裁的院士，也是唯一受歐盟之邀，擔任歐盟大型計畫審查委員的臺灣學者。不只美國、日本想找他合作，臺廠如上銀、盟立、東元的先進技術開發，他也位居關鍵角色。其研究團隊最知名的研發成果為獨步全球的七軸機械手臂，因為一般機械手臂多半只做到六軸，但這個實驗室已做出七軸機械手臂，還可利用鏡頭為機器人做出視覺，達到精準抓取的功能。⁷²

二、我國軍用機器人的運用需求

近年我國軍隊任務型態已朝多元化發展轉變，除持續強化戰訓本務以因應一般傳統安全威脅之外，亦需隨時備便投入應付突發天然災害救援等非傳統安全威脅。在我國兵力縮減及部隊任務複雜且多樣化的演變之下，「人」已成為部隊執行多元任務中最重要有生戰力及資產。機器人投入至軍事運用除可降低戰鬥人員生命耗損之外，亦可大幅減少因戰鬥人員生理、心理對戰場反應的影響，而使作戰發揮最大且較可控性之效果。

71 劉睿紘，《臺灣智慧型機器人產業發展策略之研究》（發表地：逢甲大學經營管理碩士論文，2012年），頁66。

72 周品均，〈歐美日都想挖角的臺灣機器人教父〉，《今周刊》，2015年1月29日，<<http://www.businessday.com.tw/article-content-80392-113947>>（檢索日期2019年11月12日）

因應軍用機器人戰場環境需求，考量功能性不同，可在感測元件、驅動元件、負重需求、武器掛載保持彈性調配，而有不同樣貌及尺寸。目前投入軍事運用機器人面向及領域已相當廣泛，國軍軍用機器人運用需求可簡單從作戰場域及功能類型兩面向分別略述。作戰場域區分地面、空中、海洋（含水面及水下）三部分；功能運用上包含海陸空運輸機器人、海陸空偵蒐機器人、投入複合式戰場環境及災區運用的搜救機器人、海軍艦艇艙間使用的損害管制（核生化、堵漏及救火）機器人、海洋與陸地使用的掃雷機器人、海陸空武裝攻擊機器人等。

軍用機器人主要核心組成部分包含控制器系統、機構元件系統、感測器系統、及驅動元件等四大系統。控制器系統及機構元

件屬上游關鍵零組件，我國在控制器技術方面已累積相當能量有不錯成績，機構元件目前為我國最具競爭力的關鍵零組件，目前本國控制器產品於國內市場市佔率約有60%，而機構元件則佔有一半市場，產製成品或零件有外銷能力且具備品牌知名度，例如上銀科技在國際市場即享有盛名。感測器及驅動元件方面，國內技術能量則有待加強，外國產品掌握國內大部分市場，本國產品市佔率僅約20%，關鍵技術及專利多掌控於國外廠商，經透過智慧財產局之專利分析，大部分感測器技術集中於臺大、成大、交大與精機中心、工研院、金屬中心等，反而業界投入之研發能量偏低。驅動元件系統方面，國內投入業者目前相關技術與研發能量上均較國外產品落後。⁷³（如表2）

表2 可投入我國軍用機器人關鍵零組件製造公司整理表

我國軍用機器人需求	關鍵零組件	主要零件	代表公司	市佔率比
運輸機器人 偵蒐機器人 搜救機器人 損害管制機器人 掃雷機器人 武裝攻擊機器人	控制器	PLC CMC PC-Based	盟立 寶元數控 舜鵬 工研院機構所	國外40% 國內60%
	感測器	CCD 距離感測器 溫度感測器 陀螺儀	立紳 敦南 菱光 工研院光電所	國外80% 國內20%
	驅動元件	伺服交流馬達 馬達驅動器 編碼器 變頻器	士林電機 台達電 雷虎 大同	國外80% 國內20%
	機構元件	線性滑軌 夾爪模組 變速機 導螺桿 旋轉軸	大銀微 易控 天行自動化 臺灣精銳 祥儀	國外50% 國內50%

本研究參考文獻調整製作。資料來源：劉睿紘，《臺灣智慧型機器人產業發展策略之研究》（發表地：逢甲大學經營管理碩士論文，2012年），頁65。

73 同註71，頁63。

機器人產業需水平垂直高技術整合，整體來看，我國機器人相關產業鏈已相當完備，雖全球市佔率及發展性尚在追趕階段，但軟硬體整合及製造能力已逐漸成熟，部分技術甚已在世界尖端之列，價性比高，具市場競爭優勢（如表3）。資策會產業情報研究所(Market Intelligence & Consulting Institute, MIC)2017年研究指出，全球75%工業機器人市場集中於5大國，其中亞洲就囊括3名，包含中國大陸、日本、韓國，另外市場則是美國及德國；臺灣則位居市場第6名。⁷⁴

工研院產科國際所分析師黃仲宏表示，臺灣是世界主要的資訊與通信科技(Information and Communication Technology，簡稱ICT)產品生產國之一，已具備發展機器

人所需要的智慧需求軟體的產業鏈（ICT相關產業供應鏈），有機會依循電腦產業的發展模式，發展智慧型機器人產業，縱使機器人零組件與產品的穩定性尚待驗證，但仍比其他國家具有發展機器人產業的優勢。⁷⁵由此可知我國其實已擁有發展「智」動化的先天優勢條件，累積了深厚的底蘊。且我國在工業協作機器人市場更是在國際間早已嶄露頭角，如我國達明機器人公司，在2018年已經躍升全球市佔率第二，僅次於丹麥的Universal Robots，而其榮獲第28屆臺灣精品獎的TM12，是全球第一個有「眼睛」的協作機器人，可從事對象形狀、位置、條碼、顏色辨別，且擁有智慧視覺定位。⁷⁶另外，以地面環境探測車DC馬達為例，瑞士Maxon

表3 我國機器人產業發展優劣勢歸納表

優勢	劣勢
●產業體系上、中、下游供應鏈分布涵蓋廣。 ●各項主要核心原件具備發展能量。 ●ICT相關產業供應鏈技術成熟。 ●擁有相關領域產官學界頂尖人員。 ●具有擠進世界頂尖發展國家的潛力。	●起步較晚，全球市占率仍屬追趕狀態。 ●仍有部分關鍵零組件技術未成熟。 ●未見跨足軍事運用研發領域。
機會	威脅
●智慧型機器人產業進入發展期。 ●因應全球人口結構變化，醫療照護及服務類型機器人市場需求龐大。 ●依據客戶端所需，發展專有領域功能智慧機器人。	●先進國家掌握關鍵專利型技術。 ●機器人運用在法律規範尚未週延。 ●國內外市場競爭激烈。

資料來源：本研究自行彙整製作

74 鍾榮峰，〈臺灣攻機器人—聚焦3大關鍵零組件〉，《中央社》，2017年1月17日，<<https://www.cna.com.tw/news/afe/201701170037.aspx>>（檢索日期：2020年7月2日）

75 廖家宜，〈2020機器人產業新風向：服務機器人超越工業型、臺灣循PC發展模式有望造出智慧機器人產業？〉，《科技網》，2020年1月7日，<https://www.digitimes.com.tw/iot/article.asp?cat=158&id=0000576284_tpt33p217q0m2u5i0joeb>（檢索日期：2020年7月2日）

76 王若，〈客制化工廠產能提升70%臺灣搶占全球工業機器人市場〉，《雅虎電子新聞》，2020年4月4日，<<https://tw.stock.yahoo.com/news/客制化工廠產能提升70-臺灣搶占全球工業機器人市場-133448376.html>>（檢索日期：2020年7月2日）

motor生產之DC馬達可適應超極端之環境，因此安裝於美國太空總署(NASA)火星探測車上，並完成了火星探險，⁷⁷一顆馬達要價臺幣數萬元，我國祥儀公司生產之DC馬達符合美軍部隊消防救災、拆卸炸彈、危險偵測探測需求，獲美軍採用安裝於AVATAR機器人上，僅要價臺幣4,000元。⁷⁸

從上述論點可以發現我國部分機器人零件或裝備的穩定性已符合立即投入軍事需求，且要價相對合理。我國素有科技島美譽，工業技術早已達世界水準，雖仍有部分零組件需自國外廠商籌獲，但若能夠持續精進配合政府政策支持與推動，透過軍民通用科技發展合作，轉化成熟先進的國防科技能量，長遠規劃，除符合世界潮流，亦可成為我國不對稱作戰選項之一。

伍、結 論

整體來看，我國目前機器人產業蓬勃發展，相關產業鏈已相當完備，雖全球市佔率及發展性尚在追趕階段，但軟硬體整合及製造能力已逐漸成熟，部分技術甚已在世界尖端之列，足以具備邁開步伐投入軍事運用研發生產之能量。精實的國防能量，向來都是確保國家安全的重要因素，我們應嚴肅面對已在本世紀掀起一波浪潮的軍事革新。機器人在軍事安全領域已然成為國防可善加運用的生力軍，擔任戰場上的重要配角，惟國內對於我國機器人產業投入軍事運用，觀念仍較趨保守，未見能有效運用國家現有相關產

業發展優勢，整合民間資源投入研發以因應未來戰場需求，實屬可惜。在全球掀起的這一場科技革命，機器人時代已然來臨，要跟上這一波軍事事務變革，如何建立機制，整合與運用科技人才資源，積極發展與研析可投入複雜戰場環境運用之機器人，為當前軍事單位面臨的挑戰。

近年，隨著科技產業邁入新世代發展，世界許多先進國家，已深入研究開發機器人，除增加作戰效益外，並逐漸取代人員執行高風險任務，如無人機、無人車、掃雷、監偵、及醫療照護等。我國由徵兵走向全募兵制的道路尚未穩定，仍面臨財源和兵員不足之挑戰，若能將國防預算提撥部分人事維持費在軍用機器人開發上，不僅可以提升我國軍事科技產業符合趨勢之發展，並可加速實現使用機器人取代部分危險任務之執行，以減少戰鬥人員生命資產耗損之危安風險。

世界各國都面臨同樣的問題，即便部隊再如何精減，面對的安全挑戰或任務只會不斷增加，例如災害防救成為國軍平時重要任務之一，就是很明顯的例子，專業戰鬥人員成為國防最重要資產，⁷⁹從潛在的生命成本、任務的威脅性面向來看，就不難瞭解為何機器人在各國擴大使用將是一種邏輯式的結果，日益頻繁的天災人禍只會帶來更嚴苛更極端的作業環境，而所謂小而精、小而強、小而巧的少量部隊要完美執行繁重的戰訓本務，同時又能獲得足夠休息似乎是不可能的事。人員有生戰力需要轉用於其它的優

77 Stefan Roschi，〈火星任務創新科技探索新世界〉，《Maxon Motor》，2014年6月13日，<<http://www.maxonmotor.com.tw/maxon/view/application/MARS-MISSION-AB>>（檢索日期：2019年10月27日）

78 本售價為筆者訪談祥儀機器人工廠工程師口述，實際至maxon DC官網未說明火星探測車使用之馬達型式及價位。

79 此處的作戰一詞包含戰爭、演習、救災等各種國軍部隊現行從事任務之總稱。

先工作，而自動化機器人或無人載具取代戰鬥人員執行「3D」作業，可發揮更好的效率與效果。

未來已知或不可預見的各種威脅就像現代不斷突變的病毒一般，惟有改變體質方能與之抗衡，而機器人的出現確實改變了軍事、或是戰爭中的重要基因，即是「局部或全面取代人類」，也就是戰鬥人員可以不必直接投入戰場第一線。戰鬥人員在戰場遂行任務，直接承受極度心理壓力及生理體能超載負荷，若我國軍用機器人能在現有之軍民科技工業基礎上，更加成熟多元的投入軍事任務，期在未來戰場能扮演致勝關鍵的重要角色。在本文初始即提出一個概念，「人不見得還是必需親自身陷戰場的必要條件」，藉由探討各國重要研究與發展計畫得知，未來世界各國機器人產業發展將持續成長，對於我國機器人產業的未來，業界亦保持高度的期待。目前，軍用機器人研發領域正不斷地擴張，已是一股無法停止的趨勢，我國在軍用機器人產業發展的道路上，實應急起直追，勇於突破傳統作戰思維之禁錮。

在如何強化國防自主，推動軍民通用科技發展的面向，可借鏡先進國家經驗，從歐盟各國共同出資，到美國軍民合作方式及創造誘因吸引人材，日本、韓國列入國家重點發展項目來看，一定都先從政府出資研發開始。筆者實際走訪國內機器人參觀工廠，絕大部分發展成熟之量產物件均為娛樂或教學型產品，然我國有能力供應美軍裝備零組件，為何廠商不願意邁進一步向終端產品投資研發，筆者認為除了技術問題待克服外，最大阻力即為資金。機器人是標準的服務業，是應用導向產業，先有使用的需求，再衍生技術整合構想，進一步設計研發機器人

系統，進而解決實際作業的問題，我國機器人工業發展於軍事運用，就軍民技術結合、上游零組件開發、下游產品整合來看，仍有努力空間。

發展機器人不見得是解決我國部隊各種問題的萬靈丹，即便要投入使用，仍然面臨著諸多挑戰，以機器人大規模投入部隊取代人力，在採購及維保無疑是預算沉重負擔，且極可能壓縮到其他軍投建案，但從各國的經驗來看，這樣的作法會是其中一帖搭配的良方，這是已經很明確的趨勢。機器人發展路徑必將是逐漸融入現有體系的漸進過程，而非短期內面貌一新的革命性變革。國軍已有許多針對機器人投入部隊運用的研究，就產業面向來探析則較少見，本研究管窺各國的發展現況，初探機器人產業並進行觀察與分析，進一步彙整歸納出發展的整體趨勢，嘗試在這一波軍事革新潮流上，能為建軍備戰提供另一條道路，為打贏下一場戰爭做好最佳準備。

（收件：109年3月7日，接受：109年7月31日）

參考文獻

中文部分

期刊論文

江文川，2007/5。〈軍用機器人發展現況簡介〉，《陸軍學術月刊》，第43卷第495期，頁78。

李鵬、胡梅，2013/10。〈國外軍用機器人現狀及發展趨勢〉，《國防科技》，282期，頁17-22

蘇紫雲，2014/8。〈機器人戰爭來臨臺灣勿缺席〉，《新社會政策雙月刊》，35期，頁48。

曲道奎，2015。〈中國機器人產業發展現狀與展望〉，《中國科學院院刊》，第30卷第3期，頁342。

黃遠燦，2009/3。〈國內外軍用機器人產業發展現狀〉，《機器人技術與應用月刊》，第2期，頁25-31。

黃仲宏，2014/12。〈從全球自動化產業的市場規模看2015年臺灣機器人產業的發展契機〉，《智慧自動化產業期刊》，2014年12月號，頁10。

黃仲宏，2014/6。〈臺灣智慧型機器人產業的現況分析與發展動向〉，《智慧自動化產業期刊》，2014年6月號，頁2-13。

陳文貞，2011/10。〈智慧型機器人產業發展探討〉，《智慧型機器人產業技術發展委員會》，頁15。

劉家瑜，2011/11。〈臺灣打造完整供應鏈機器人產業潛力雄厚〉，《Trade Magazine》，No.245，頁49。

郭怡君、李明忠、黃季翎，2010/05。〈臺灣陸用智慧型載台發展現況和策略分析〉

，智慧型系統工程應用研討會；第4屆，頁6。

學位論文

劉睿紘，2012。《臺灣智慧型機器人產業發展策略之研究》，臺中：逢甲大學經營管理碩士論文。

官方文件

中華民國104年國防報告書。

中華民國106年國防報告書。

中華民國108年國防報告書。

中華民國經濟部工業局101年度智慧型機器人產業發展推動計畫期末執行成果報告。

中華民國行政院中央災害防救會報。

中華人民共和國服務機器人科技發展十二五專項規劃。

報紙

蔡東杰，2007/6/3。〈新形態戰爭機器人的重要性〉，《青年日報》，第3版。

網際網路

DIGITIMES企劃，2013/5/27。〈臺灣智慧型機器人產業現狀與發展〉，《DIGITIMES中文網》，<<http://www.digitimes.com.tw/tw/dt/n/shwnws.asp?CnIID=13&Cat=70&id=335901#ixzz45cn6bjG9>>。

MoneyDJ，2015/8/7。〈鴻海Pepper量產實力嚇到日本〉，《科技新報》，<<http://technews.tw/2015/08/07/foxconn-pepper-japan/>>。

- MoneyDJ, 2016/1/19。〈機器人成本低，恐讓所得更不均〉，《科技新報》，<<http://technews.tw/2016/01/19/robot-substituent-workers/>>。
- MoneyDJ, 2019/10/25。〈工研院：臺灣機器人產業產值明年估達650億元〉，《理財網》，<<https://www.moneydj.com/KMDJ/News/NewsViewer.aspx?a=a6aad9dc-bda3-4765-b486-2725def2a434>>。
- P.W. Singer, 〈military robots and the future of war〉，《MyOOPS開放式課程》，<<http://www.myoops.org/main.php?act=course&id=2056>>。
- Roschi, Stefan, 2014/6/13。〈火星任務創新科技探索新世界〉，《MAXON MOTOR》，<<http://www.maxonmotor.com.tw/maxon/view/application/MARS-MISSION-AB>>。
- 中央社, 2014/1/27。〈讓機器人協助解決我國全募兵制長期困境吧〉，《中央通信社》，<www.cna.com.tw/postwrite/Detail/141567.aspx#.Vj1kgLcrLIU>。
- 王崑義, 2007/6/3。〈新形態戰爭機器人的重要性〉，《王崑義部落格》，<<http://blog.sina.com.tw/wang8889999/article.php?entryid=520933>>。
- 加藤貴行、川合智, 2014/6/25。〈三國爭霸機器人產業〉，《日經新聞中文版》，<http://www.tairoa.org.tw/column/column.aspx?column_id=1621&column_type_id=7>。
- 李昆忠, 2013/1/7。〈智慧型機器人產業趨勢分析〉，《中國生產力中心管理知識中心》，<<http://mymkc.com/articles/contents.aspx?ArticleID=21442>>。
- 每日頭條, 2018/6/10。〈世界第一種投入實戰的空艦飛彈，在武器發展史上有著劃時代的意義〉，《每日頭條網站》，<<https://kknews.cc/military/8o45v6n.html>>。
- 沈聿宣, 2015/9/14。〈起床吧！別人的機器人兵團早已開拔〉，《壯闊臺灣》，<<http://www.thrivetw.org/archives/707>>。
- 周品均, 2015/1/29。〈歐美日都想挖角的臺灣機器人教父〉，《今周刊》，<<http://www.businesstoday.com.tw/article-content-80392-113947>>。
- 祁雷, 2015/11/30。〈展望無人化戰爭25年後半數美軍不是人〉，《南方日報》，<<http://www.chinanews.com/mil/2015/11-30/7647532.shtml>>。
- 科技產業資訊室, 2017/8/25。〈2019年全球機器人銷量的40%在中國市場〉，《科技政策研究與資訊中心》，<<https://iknow.stpi.narl.org.tw/Post/Read.aspx?PostID=13709>>。
- 桂家齊, 2016/4/8。〈美軍自動駕駛軍艦下水〉，《蘋果日報》，<<http://www.appledaily.com.tw/realtimenews/article/new/20160408/834130/>>。
- 財團法人臺灣民主基金會, 2018/4/19。〈「2018臺灣民主價值」民意調查記者會新聞稿〉，<http://www.tfd.org.tw/export/sites/tfd/files/news/pressRelease/0419_press-release_pdf.pdf>。
- 國際中心綜合報導, 2016/5/2。〈臺灣國旗現ISIS影片〉，《三立新聞網》，<<http://www.setn.com/News.aspx?NewsID=108525>>。
- 黃瑋瑜, 2014/8/28。〈發展機器人臺灣三

大關鍵報告》，《卓越雜誌341期》
，<http://www.ecf.com.tw/oldMag-page.php?a_id=2205>。

劉佳惠，2013/3/29。〈羅仁權：臺灣要繼續被韓國吃死死嗎〉，《CTIMES》
，<<https://www.ctimes.com.tw/DispNews/tw/%E7%99%BE%E8%90%AC%E6%A9%9F%E5%99%A8%E4%BA%BA/%E5%B7%A5%E6%8E%A7/%E7%84%A1%E4%BA%BA%E5%B7%A5%E5%BB%A0/%E7%BE%85%E4%BB%81%E6%AC%8A/%E5%B7%A5%E6%A5%AD%E6%A9%9F%E5%99%A8%E4%BA%BA/1303291813L3.shtml>>。

外文部分

網際網路

2005/6/13. “Unveilling the nEURONn Europe's UCAV demonstrator,” *Dassault Aviation*, <<http://www.dassault-aviation.com/gb/actualite/actualite/article.cfm?id=2388>>.

2014/1/22. “U.S. Army Considers Replacing Thousands of Soldiers With Robots,” *IEEE*, <<http://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/military-robots/army-considers-replacing-thousands-of-soldiers-with-robots>>.

2014/7/14. “US Marines Test Robotic Mule at RIMPAC, Hawaii,” *BBC News*, <<https://www.bbc.com/news/av/technology-28290945/us-marines-test-robotic-mule-at-rimpac-hawaii>>.

2019/6/13. “The World's Biggest Defence Budgets in 2019,” *Army Technology*, <<https://www.army-technology.com/features/biggest-military-budgets-world/>>.

Boston Dynamics, <<https://www.bostondynamics.com/>>.

DARPA, <<https://www.darpa.mil/>>.

Linshi, Jack, 2014/7/15. “U.S. Military Takes Robotic Mule Out for a Stroll,” *Time*, <<http://time.com/2987608/us-military-robotic-mule/>>.

Maynard, James, Musk, Elon, Hawking, Stephen, & Wozniak, Steve, 2015/7/28. “Fear Development Of AI Weapons Will Create Killer Robots,” *Tech Times*, <<https://www.techtimes.com/articles/72256/20150728/elon-musk-stephen-hawking-steve-wozniak-fear-ai-weapons-development.htm>>.