

5. 瑞典：「國防研究局」(Defense Research Agent)與「紳寶微波系統公司」(Saab Microwave Systems)共同發展20~90兆赫(MHz)頻段之「連續性全無線電頻段感測」(Coherent All Radio Band Sensing, CARABAS)雷達，能穿透植被(Foliage Penetration, FOPEN)、偽裝設施及地面（穿透深度視當時地面土壤之性質與濕度而定），而且穿透樹葉及人工偽裝設施偵查目標時，不會產生反射波。¹⁵

6. 英國：「泰勒斯航太公司」(Thales Aerospace)與「伽利略公司」(Selex Galileo)分別生產了專供無人飛行載具使用的I-Master、CoastMaster及PicoSAR雷達I-Master裝載於英國WK450「看守者」(Watchkeeper)無人飛行載具（如圖6），重量為30公斤，使用Ku

頻段（12.5~18千兆赫）的雷達，可全天候偵測、分類及定位目標，並有每小時2,000平方公里的廣域監視能力，另CoastMaster雷達適用於海上環境，其系統操作模式包含海上監視、海上／地面活動目標指示、定點與帶狀式掃描、逆合成孔徑雷達模式。¹⁶

7. 中共：一直致力於研發合成孔徑雷達，於863計畫期間就明定發展能夠辨識10公尺目標的合成孔徑雷達，並在50公里外觀測目標，¹⁷在尖兵系列人造衛星如尖兵7號(FSW-7)就是利用合成孔徑雷達執行對地觀測任務，而小型合成孔徑雷達可裝載在部分無人機實施情監偵任務。

8. 俄羅斯：各型UAV都僅有少量部署與使用，因此鮮少有關於俄國UAV在戰場使用的報導。探針2型(Zond 2)尚處於研發階

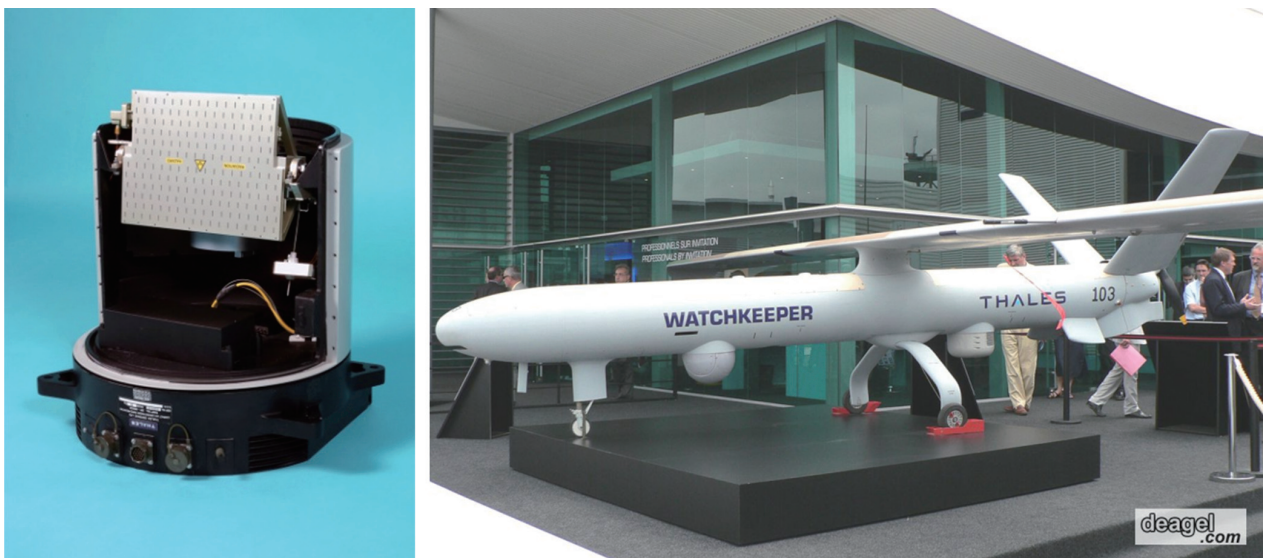


圖6 I-Master雷達裝載於WK450「看守者」(Watchkeeper)無人飛行載具

資料來源：http://www.thalesgroup.com/Portfolio/Defence/Aerospace_Product_I-Master/?pid=1568

15 <http://www.defenseindustrydaily.com/cat/innovation/rd-private>，2010年5月10日。

16 <http://www.spyflight.co.uk/Watchkeeper.htm>，2010年5月10日。

17 伊凡·費根寶(Evan A. Feigenbaum)著，國防部部長辦公室譯，《中共科技先驅 從核子時代到資訊時代的國家安全與戰略競爭》(CHINA'S TECHNO-WARRIORS NATIONAL SECURITY and STRATEGIC COMPETITION from the NUCLEAR to the INFORMATION)，2006年5月，頁206。



段，還沒有實機展出，是一種在外型上及功能上與美國的RQ-4A全球鷹(Global Hawk)類似的長程UAV系統，機腹配備側視合成孔徑雷達與包含前視紅外線和電視攝影機在內的電子光學系統，可執行長航程、中高空的大範圍監視任務。¹⁸

9. 澳洲：由紐芬蘭Memorial大學發起的航空器遙感環境監測(Remote Aerial Vehicles for Environment Monitoring, AVEN), Aerosonde (澳洲製造商)以無人飛行載具攜掛了一台微型合成孔徑雷已於2006年11中旬至12月中旬進行測試，為此系統中的首次成功應用。¹⁹

參、合成孔徑雷達結合無人飛行載具(UAV SAR)之運用

一、情、監、偵與指管能力運用

由於遙測衛星繞地軌道有其週期性，再加上衛星資料處理的時間延遲；因此除非擁有自我的軍事偵查衛星，否則，無法提供即時的戰場情資。而因為無人飛行載具的靈活的用途，美國軍方已經於現代的高科技戰爭中，有的戰略家甚至稱它為戰場上的明日之星。

利用UAV執行敵情偵照，如擔任空中「斥侯任務」，攜帶具各項功能之偵照相機與SAR（含靜態與動態目標），將即時情報資料以數據鏈路回傳分析、運用；或將所偵照之影像情資立即傳至在空巡弋

之攻擊機接收，運用最新情資，立即殲滅目標。

敵軍偽裝、隱蔽有賴於SAR技術來破除，以檢測到樹林裏和地下暗藏的危險目標。獲得這種能力的方法是使用樹葉穿透(Foliage Penetration, FOPEN)SAR。美國為FOPEN SAR要求採用工作在VHF(30~300MHz)或UHF(300~1,000MHz)頻率上的超寬帶(Ultra UWB)雷達來檢測樹葉下隱蔽的目標。高頻微波雷達僅可對樹葉頂部成像，但是UHF雷達，可發現到樹幹和地下的人工目標（如圖7）。

指揮、通信管制能力是戰場指揮官指揮部隊的神經中樞，參與作戰之任何一方如失去指通力，則指揮、管制、通信、資訊、情報、監視及偵查(C⁴ISR)功能即無法發揮，部隊戰力亦必隨之削弱，甚至癱瘓。UAV SAR可運用其戰場影像系統即時執行指管作為，UAV亦可使用電子裝備混淆敵軍之觀通系統，干擾其雷達、通信，對敵軍在重要時刻造成癱瘓之不利情況，以利我對敵實施攻

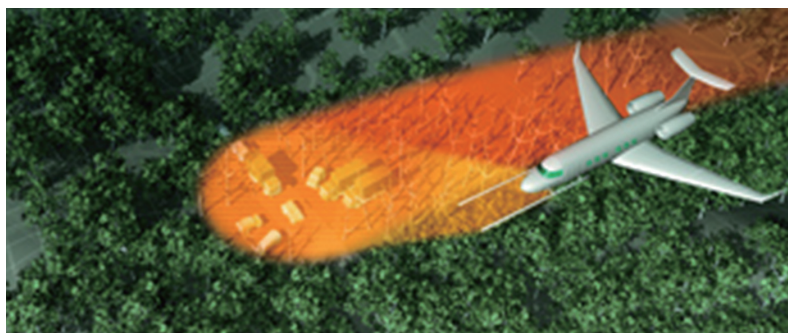


圖7 FOPEN SAR偵測示意圖

資料來源：http://www.saabgroup.com/en/Air/Sensor_Systems/Reconnaissance_Systems/CARABAS/Features/

18 孔德統，〈戰場之眼—俄羅斯新一代無人飛行載具的發展現況與簡介〉，《全球防衛雜誌》，257期，2006年1月。

19 <http://www.flightglobal.com/articles/2007/01/12/211473/aerosonde-synthetic-aperture-radar-test-flights-completed-ahead-of-canadian-ice-survey.html>.

擊。

當面臨特殊作戰環境，如陸地複雜地形、海上視線外等無法用一般光學或電磁偵測器涵蓋的地方，UAV運用方式有如低空衛星的任務。一般沒有衛星的國家，對這種運用構想相當有興趣，可以考量研發或採購長時間滯空的無人飛行載具搭載UAV SAR作為偽衛星(Pseudo-Satellite)使用。以色列運用無人飛行載具(UAV)是世界上最為人稱道的國家，以色列國防上的需要，很早就開始發展所謂「窮人國家的衛星」以偵察敵情並作為通訊中繼。²⁰

二、精準打擊與即時戰果鑑定

美國空軍在對科索沃戰爭執行成效做檢討時，提出了在掠奪者上加裝地獄火飛彈的構想。在科索沃戰爭中，即使配備雷射標定器的掠奪者縮短了從目標辨認到標定所需的時間，但是對於地面上可以自由移動的目標，掠奪者在以雷射標定了之後，還要等一段時間負責攻擊的飛機才能趕到，但目標可能就乘隙逃逸了。假如掠奪者本身就配備了武器，自然能在發現目標後的第一時間內進行先發攻擊。²¹

無人飛行載具之體積推力有限，雖無法裝掛大量之彈藥對敵區實施作戰，但仍可配置必要武器與彈藥對特定目標實施有效攻擊及執行斬首任務，未來無人空中攻擊載具(Unmanned Combat Air Vehicle, UCAV)如整合SAR性能提升至A/GMTI功能，諸如可攜掛

空對空飛彈於空中巡邏任務中還可以主動攻擊巡弋飛彈和直升機，或攜掛空對地飛彈攻擊雷達天線、戰車及敵指揮所等地面目標，運用其甚高之精準度，以達到奇襲之效。美國對阿富汗戰爭中，已利用其無人飛行載具RQ-1掠奪者式攜掛地獄火反坦克飛彈對神學士政權聚集地實施攻擊成功，使其可擔任較危險任務，並節省成本。

美國空軍戰略專家期望在不久的將來可由所謂的「母艦」發射大批武裝的UAV，以執行地面攻擊任務，而當中配備合成孔徑雷達的UAV可在任何天候狀況下一下雨、冰雹、雪、煙霧或甚至茂密的葉子一看穿目標，並予以「著色」。²²

UAV一般用於偵察與搜索任務最多，無論平時或戰時均可深入敵境，依設計航路對沿線目標或某一特定目標，進行偵照並立即將敵情傳回以供指揮官運用。美軍早期即運用先驅者與獵人式兩型UAV，配合SAR，在離地高度9,000呎時能夠全天候偵察5~7公里外的人員，4,000呎時甚至可分辨人員的手、腿及肩上所攜帶武器；在高度32,000呎時可偵測到戰車、人員裝甲運兵車及各式輪車，在16,400呎的高度可辨識這些目標的差異性，而在6,000呎的高度可分辨人員裝甲運兵車及各種輪車的型式。²³在阿富汗戰場中，電視影像是從「掠奪者」無人飛行載具連結至AC-130砲艇機上的螢幕，並可實施即時戰果鑑定。

20 王亞民、謝三良，〈無人飛行載具之發展及在本軍的應用〉，《海軍軍官》，第22卷第3期，頁26。

21 張維斌，《無人飛機—秘密檔案》（臺北：幼獅，2002年9月），頁93-94。

22 Marc, Cerasini, 馬克·賽拉席尼，《The Future of War: The Face of 21st-Century Warfare》，《戰爭的未來》（國防部史政編譯室，93年12月），頁204。

23 Cpt. Raymond D. Pickev, 〈美軍情報學校雙月刊1997年4-6月〉，《戰術UAV之價值與運用》，楊夢平譯，頁6。

三、協助災害管理

2004年印度洋的海嘯、美國2005年卡崔娜颶風與日本2011年3月11日大地震所引發的大規模海嘯災變，讓各國政府警覺到災害對人類有巨大影響。因此，各國政府機構更積極尋求問題解決之道，而透過機載觀測影像資料來協助災害管理被認為是可行方法之一，尤其近期在環太平洋地震帶國家，如智利、中國大陸（四川與青島）、墨西哥、印尼、日本與我國陸續發生強震，另外冰島火山噴發導致歐洲航班大亂，也讓以航遙測技術來協助災害管理顯得格外重要。

SAR則是利用微波能量進行測距，而合成孔徑雷達干涉測量(Interferometric Synthetic Aperture Radar, InSAR)就是將兩組（或多組）不同時期的雷達資料進行精準的幾何校正，再經由資料干涉分析所發展出的測量技術，用以測量像地層下陷、地震、風災與水災所造成地貌的變量，具有公分級以下的精確度。

在海地遭逢巨震襲擊2週後，美國國家航空暨太空總署(NASA)在海地和多明尼加共和國上空進行偵察，尋找可能發生更多地震的跡象與觀測當地的斷層，並藉災區地貌改變等資料推估是否會有餘震、山崩等後續災變。合成孔徑雷達無人飛行載具(UAVSAR)長期擔負起監測中美洲森林地貌

的任務，為了觀測此次海地巨震的後續影響，NASA特地將其飛行路線移往海地島上空。²⁴

雷達拍攝的原始圖本沒有顏色，NASA在影像後製的過程中，為圖像上了色（如圖8），綠色是這張3D圖上最主要的色調，這種水平發射，垂直接收(HV)回來的微波反映出起伏地勢的資訊；垂直發射和接收(VV)的藍色反射波表示水域和土壤的資訊，而一些淺紅色影像則代表城市。²⁵海地首都太子港正好位於圖像的中間（黃色箭頭），震源就在太子港西南方向25公里外的地方（黑色箭頭），一條東西走向的大裂谷恩里基洛－芭蕉花園斷層帶(Enriquillo-Plantain Garden fault zone)，是造成此次地震的源頭。²⁶

由於地震預報是世界性科學難題，所以

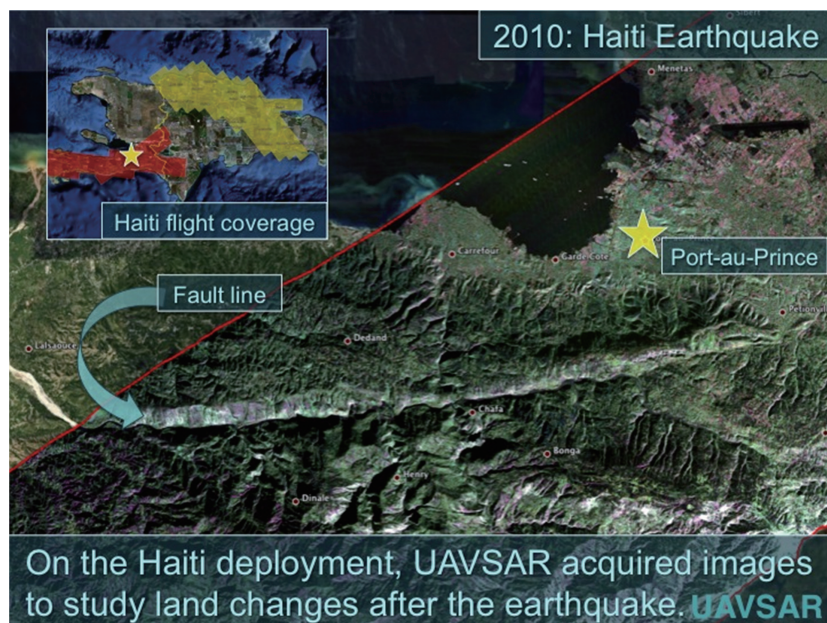


圖8 NASA UAVSAR建立海地太子港3D數值地圖

資料來源：http://uavsar.jpl.nasa.gov/overview.html/UAVSAR_Slideshow.pps

24 <http://supersites.unavco.org/haiti.php#Tues6>，2010年3月22日。

25 <http://www.nasa.gov/centers/dryden/research/G-III/index.html>，2010年3月22日。

26 <http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA12503>，2010年3月22日。

城市抗震減災、地震時的緊急救援以及震災的快速評估就成為目前減輕地震災害的有效手段。利用遙測技術，可以快速、準確地獲取數據，經過快速處理，不僅可以為城市抗震救災的部署提供重要依據，也可為地震時救援、震災評估提供相關資訊，提高抗震救災的效率。

除此之外，我國利用SAR建立影像資料庫，再以水災即時影像套合偵測淹水區域，並利用數值地形模型(Digital Terrain Model, DTM)估計淹水深度，可建立一套水災監測系統，有效提供防災疏散、救災、災害評估等決策參考。

肆、運用合成孔徑雷達結合無人飛行載具(UAV與SAR)應有的認知

一、UAV與SAR性能優缺點與效益

(一)優點

1. 可穿透某些植被表面，來辨識其中之不同，並破解裝備偽裝技術。
2. 可控制發射的角度，來偵測隱形飛機，增加偵獲機率。
3. 可利用不同的頻率來辨識物體不同的粗糙度，用來分辨金屬與非金屬物體，對目標區所有細節及特徵成像。
4. 可運用極化來表示其影像，如HH、VV或HV、VH等，增加對目標鑑別率。
5. 可運用來測定海洋之波浪（含內波及外波），發現水下的潛艦蹤跡。

(二)缺點

1. 研發成本高於光學系統，不易在短期間內達到軍事需求。

2. 載具及雷達天線必須維持穩定，並採取固定航道飛行，才能獲得良好品質影像，載具上下俯仰、左右偏移或滾轉都會影響SAR成像，目前NASA仍廣續做此方面技術研究。

3. 在相同高度，解析度不如光學影像高，另需後續影像處理才能看到目標區影像，故計算機能力要強。

4. 雷達微波頻段易受電磁干擾，若採取跳頻技術雖可降低其干擾效果，然對影像解析度可能降低。

(三)效益

1. UAV SAR可結合航空遙測，固定翼UAV與螺旋翼UAV，使指揮管制、情監偵、戰場經營更完整。²⁷

2. 可使遙測技術更具彈性操作之性能，更可深入基層各單位，並可由個人或小單位操作及產生遙測資料。

3. 更多之戰場環境可經由UAV SAR來完成監測，尤其是需要不同比例尺與角度觀察之現象，如低空側視觀察。

4. 提供更具彈性之監偵系統，可以增加野戰戰略之運用性與精準性。

二、UAV與SAR性能限制

由於SAR之成像原理利用雷達脈波之發射與接收，因此雷達影像之產生並不受天候及光線影響（如下雨及夜晚）。而且與可見光和紅外線相比較，雷達之波長較長，SAR甚至在多雲及布滿灰塵情況下仍可成像，並不如光學影像一樣會遭受嚴重影響，這種特性在軍事應用上尤其重要，光學影像與微波影像之特弱點如表1所示。然而，即使如此，因為SAR具有之特性，若想獲得優良品質之

27 國立臺灣大學，自動導航無人載具（遙控直升機）影像處理系統之研發，遙測技術之應用研究。



表1 光學影像與微波影像之特弱點列表

	特 點	弱 點
光學影像	1. 影像判讀容易。 2. 高解析度（因波長短）。	1. 僅能在天候晴朗的白晝執行任務。 2. 穿透性差。 3. 距離受限於能見度。
雷達微波影像 (SAR)	1. 不受雲雨影響，可全天候、全天時執行任務。 2. 穿透力佳，可分辨偽裝、掩蔽及地下或水下目標。 3. 微波對建築物、金屬物體等回波強，可幫助對地面人造目標之辨識。	1. 影像及目標鑑別較光學困難。 2. 影像變形大，後續處理複雜。 3. 解析度不如光學好。

資料來源：作者自製。

雷達影像，許多限制條件仍有待克服。²⁸

合成孔徑雷達利用載具及目標之間之相對速度成像，因此無法以靜態的方式進行測試。國外之合成孔徑雷達系統測試大多數於飛行載具上進行，除了於飛行載具上進行另外還利用模擬軟體進行系統參數之調校，並有利用地面載具進行整測之實例。

國內合成孔徑雷達系統製作技術處於起步階段，各子系統間之整合運作尚有諸多不確定性，另外我國領空狹小且空中運輸繁忙，若未經地面載具測試而直接架設於飛機之上，則可能消耗許多人力、物力及時間於系統偵錯方面。另合成孔徑雷達成像處理方面，國立中央大學太空及遙測中心已完成由雷達原始資料進行成像處理技術，但此技術為離線處理方式，為使成像技術能達到即時性，必須開發即時成像處理軟體，此軟體可輸出合成孔徑雷達之即時瀏覽影像(Quick-look Image)，惟影像之解析度及品質勢必將

較離線處理方式略為降低。²⁹

三、UAV SAR運用應有認知

合成孔徑雷達在太空軍事偵察及地球資源遙感等作用方面極具潛力和實用性，除可對地下、水下和偽裝目標進行偵察外，並能對活動的軍事目標、戰場動態和戰爭進程作全天候偵察、追蹤與監視。中共於1970年代開始進行相關的技術研究，目前已研究成功多種機載型合成孔徑側視雷達，初期的雷達成像體積較大且解析度亦在25公尺以上，至2006年「尖兵5號」（遙感一號）已具備5公尺的解析度，並陸續發射「遙感系列」衛星，並已建立對全世界實施靜態和動態的「情報、監視、偵察」之能量。³⁰

相對的，我國現有的圖像衛星情報都是商業級的解析度，以「華衛二號」為例，因缺乏發射自主權和軌道，從發射到成像可謂艱難重重，僅能用法國或以色列的衛星執行偵照，存在自主權操之於人的問題。購買

28 張維正，〈合成孔徑雷達成像原理及應用介紹〉，《國防通信電子及資訊期刊》，第6期，2005年9月，頁58。

29 中華民國93年5月28日，陸軍官校基礎學術研討會暨國科會國防科技航空技術學門研究成果發表會論文，國立中央大學通訊系統研究中心莊堯棠教授及陳錕山教授。

30 王世科，〈中國發展衛星SAR雷達將對臺防空和反潛造成威脅〉，《全球防衛雜誌》，2005年7月。

表2 S.W.O.T分析國軍發展UAV SAR之近程與遠程因應策略

S：（優勢）強點	W：（劣勢）弱點
1. 穿透植被與偽裝性能優異。（性能） 2. 國防與民生運用廣泛。（運用） 3. 可針對需求立即執行任務。（運用） 4. 國內有研發能力。（研發） 5. 可執行3D任務。（任務） 6. 滯空時間長。（任務） 7. 國內衛星科技不彰，但UAV技術有發展潛力。（產業） 8. 國內資訊與通信產業(IT)、軟體工程、信號處理發達。（產業）	1. 雷達、天線、信號處理技術。（研發） 2. 生產成本較光學技術高。（研發） 3. 軍民研發團隊無法有效整合。（研發） 4. 研發資金助益有限。（研發） 5. 有人載具替代執行。（任務） 6. 不若衛星不受天候影響。（運用） 7. 國內政治環境不明確。（政策） 8. 國內相關研發人才不足。（產業） 9. 小國幅員與資源有限，無法全方位發展。（地理、人文） 10. 四周環海，河流密集，地形複雜，地形資料庫尚未整合。（地理）
SO：利用機會，發展優勢	WO：利用機會，突破限制
長期：結合民間科技，積極國防研發。 短期：發展干擾技術，籌建電戰能量。	長期：掌握未來趨勢，革新軍事事務。 短期：尋求合作夥伴，積蓄情蒐資訊。
O：機會	T：威脅
1. 國外民間企業有成熟技術，運用國外商購機制，先行完成部署，彌補過渡時期戰力維持。（政策） 2. 地球暖化，環境汙染，環保意識抬頭，各國急於建立防災資料庫。（政策） 3. 防衛固守，有效嚇阻，本島空中、地面與海上交通網密集，基地相互支援能力強，可形成有力之內線作戰態勢。（作戰） 4. 迅安系統網狀化作戰架構，有助於我二代兵力之整合，有效倍增戰力。（作戰）	1. 國軍主戰武器依賴軍購，自主發展能力薄弱，技術與戰術發展受限。（政策） 2. 逐漸失去航空與航太工業的競爭力。（政策） 3. 缺乏國際合作夥伴，共同開發。（研發）（政策） 4. 中共致力發展六維軍事事務革新，早已將SAR納入863計畫，無論財力、人力與技術均優於我國，將可能失去戰力平衡。（研發）
ST：發展優勢，克服威脅	WT：突破限制，克服威脅
長期：前瞻兵力整建，加速建軍規劃。 短期：運用商購機制，彌補過渡戰力。	長期：有效整合情資，創新作戰理論。 短期：掛載飛機航測，滿足各項需求。

資料來源：作者自製。

商業級的圖像資料又有時效性差的缺點，用於平時偵照靜態目標尚可做為其他情報渠道的印證資料，然而戰時，購買外國衛星圖像或租用外國衛星使用權都會受制於人，圖像品質和時效性也無法滿足國軍作戰的動態需求。³¹目前世界SAR雷達技術成熟，我國可運用此一資源加強發展。

以下運用S.W.O.T分析法列出發展UAV

SAR，對我國軍面臨國內環境、空間之強、弱點，對外可獲得之機會與可能遭受之威脅做一個整理，俾能聚焦問題所在（如表2）。

伍、我國軍策進作為

一、我國軍遠程策進作為

運用T.O.W.S矩陣分析發展UAV SAR之遠程因應策略，共分成四項：（一）利用機會，

31 廖文中，〈臺灣發展衛星SAR雷達對防空和反潛作戰的重要性〉，《全球防衛雜誌》，279期，2007年11月。



發展優勢(SO)；(二)利用機會，突破限制(WO)；(三)發展優勢，克服威脅(ST)；(四)突破限制，克服威脅(WT)，我國軍遠程策進作為如后：

(一)結合民間科技，積極國防研發

合成孔徑雷達具備整合情資與防護為先之全天候敵情偵蒐需求，同時又可滿足民間防災救災之損害評估需求，具有相當市場需求性，全世界先進國家無不列為國防研發重點之一。且影像情資被視為一種能視需求作持續性的、即時的監控主要威脅目標及活動，且也較符合經濟效益的情蒐能量。由於微波影像雷達極具國防應用價值，且高解析度SAR雷達外獲不易，國軍應結合民間科技，積極建立其自力研發之能量。

我國民間的科技發展實力並不遜於中共，只是缺少整合運用的規劃，綜觀目前世界上有能力發展衛星及UAV科技的國家，也包含中共在內，都是利用民間的技術及資源來協助發展國防科技，此一模式，亦是值得我國參考借鏡的地方。

我國在UAV及SAR上的發展與運用，距離西方先進國家尚有一段落差，使用上也沒有實戰運用的經驗，為了具備此能力去面對未來所遭遇的環境，我國就必須在各方面加強努力。在未來防衛作戰中，不論在遂行支援或是作戰命令，均可提升執行效益，且對我空軍執行各項任務，將有莫大的助益。

(二)前瞻兵力整建，加速建軍規劃

使用成本低於人造衛星與載人偵察機

情況下，優先發展建置長時間滯空UAV結合SAR具較符合當前軍事投資效益。尤其目前我國面臨中共強大軍事武力威脅情況下，空軍兵力有限，平、戰時任務繁多，若能有效運用UAV掛載SAR，輔助各項作戰任務，不僅可節約武器裝備及人員耗損，並可有效達成「戰略持久」之目標。

未來「網狀化作戰(Network Centric Warfare, NCW)」將使上至國家指揮當局，下至戰場上的各武裝乘員，在目標獲得、處理能量、影像、敵我識別、目標標定和各階層的指揮管制等，產生重大變革與轉型。是故國軍各作戰部隊在未來遂行聯合作戰時，可透過網狀化系統，運用UAV掛載SAR，可增加戰場的透明度，並改善了戰場環境的視野與決策過程，亦使作戰環境將涵蓋水下、水面、陸地、空中甚至太空，以確保作戰之勝利。

(三)掌握未來趨勢，革新軍事事務

培育出的專業人才，就必須有專業單位讓其發揮其專長，積極專研情蒐戰術作為，並致力於研究反制之道，使專業之單位，藉此培養出專業人才，這也是吾人認為最為重要的一點。對於UAV與SAR更應該務實去深入探討，以滿足戰術與戰略作為。

未來無人飛行載具在戰場上將有一席之地，世界各國無不極力發展，尤其未來在多維戰略下必將「網狀化作戰」的邏輯架構與「資訊作戰」(Information Operations)³²領域相結合，透過感測器網路，指揮管制與射擊系統有效整合，並運用有人及無人載具實施

32 資訊戰所採取之行動包括欲影響敵之資訊與資訊系統，同時亦要防護我之資訊與資訊系統。其所適用的範圍，涵蓋了作戰各階層、各種軍事作戰及戰爭各階層。針對聯合部隊指揮官欲在決定性聯合作戰中獲得必要程度之資訊優勢並維繫之，資訊作戰實為重要作為。引自美軍聯戰準則JP3_13, <Joint Doctrine for Information Operations>，1998年10月9日，頁2。

聯合作戰，以確保「資訊優勢」(Information Superiority)。

(四)有效整合情資，創新作戰理論

戰場狀況瞬息萬變，往往兩軍交鋒陷入膠著狀態，造成指揮官下達決心之困擾，亦即陷入「戰爭迷霧」之中。以往戰術偵查一般僅限於平面，且受限於地形地貌及天氣狀況之阻擋，無法有效掌握敵情。現今SAR已進入小型化，利用UAV，實施立體之戰場監視、管理，可立即釐清戰情，適時下達決心，靈活指揮、調度，實為決勝重要機制。

UAV與SAR補強雷截情與衛照情不足處，透過有線廣域網路、無線數據鏈路，有效支援指揮管制作為，使指揮指所與各戰區能夠提升「即時(Real Time)」與「近即時(Near Real Time)」之「戰場覺知(Situation Awareness, SA)」，建構「共同作戰／戰像圖像(Common Operational Picture, COP/Common Tactical Picture, CTP)」滿足戰場經營之作戰需求，期能由C⁴ISR向上提升至C⁴KISR之聯合作戰、聯合接戰與聯合行動能力，達成倍增戰力之目的。

二、我國軍近程策進作為

運用T.O.W.S矩陣分析發展UAV與SAR之近程因應策略，我國軍近程策進作為如后：

(一)發展干擾技術，籌建電戰能量

我國在「制天權」的條件上明顯不

足，由「華衛二號」衛星的發射一波三折，可以發現從發射權到軌道分配，從購買外國衛星圖像到租用外國高分辨率商用衛星都充滿高度的不穩定性，平時如此，戰時情況一定會更加不利。我國目前的軍事戰略構想為「防衛固守，有效嚇阻」³³，空軍在遂行臺澎防衛作戰，其戰力保存的作為及方式上，是有必要隨著中共情、監、偵能力，做適切檢討並適時加以修訂，以符合實際作戰需求。現代資訊戰場正是複雜電磁環境的戰場，發展干擾技術能量，針對SAR常用頻譜進行干擾與欺騙手段，使其無法正常顯示圖像，影響後續情資判斷，如此亦為不對稱作戰之作為。

(二)尋求合作夥伴，積蓄情蒐資訊

我國的經濟國力，實在無法承擔建置多種不同軌道的遙測衛星群。然而世界各國軍民共用遙測衛星影像市場已競爭白熱化，不論直接購買高解析度衛星影像，或是購買「衛星運作夥伴」方式來運作，³⁴都能滿足國防與國安需求，甚至可積極與美國洽談成立衛星影像區域聯盟(Regional Affiliates)，購買美國遙測衛星群經過臺灣上空的偵測操作權，成立臺美保安聯盟衛星影像區域運作中心，加強地面衛星影像接收站以及影像處理與判圖能力，不但經濟實惠符合成本效益而且兼顧國家利益。³⁵

(三)運用商購機制，彌補過渡戰力

33 中華民國國防部，《四年期國防總檢討》，2009年4月，頁35。

34 「衛星運作夥伴」服務就是由衛星影像經銷商出售衛星部分區域操作酬載權，即客戶擁有部分區域酬載操作權，一但衛星進入客戶設定區域，客戶即操作衛星酬載掌控偵照目標，但衛星所有權、控制權仍歸屬衛星影像經銷商所有。這種服務最引起軍方興趣。根據「全球防衛雜誌」第220期，國安局與國防部電展室以「浩全專案」為名，與以色列衛星影像經銷商Image Sat International簽約參與「衛星運作夥伴」服務，接收範圍為以臺灣為中心，半徑1,000公里為我方操作酬載範圍，在此範圍我方可任意拍攝和接收衛星影像。

35 廖本煙，〈太空為基地平台聯合三軍總體戰的國家安全新思維〉，2008年5月27日。



應加速推進SAR雷達的研發，將技術成熟的成品進一步實用化，並訂定專案針對於UAV與SAR逐步研究發展。為避免空窗期，可直接向國外商購UAV與SAR與研發並行，另將正在研發的SAR雷達成品加以小型化，俟實驗及驗證階段過後，爾後再進一步縮裝，加強可靠度、發展電子掃瞄天線技術等，則可成熟運用於UAV上，配合長程預警雷達建制，來補足雷截情與衛照不足處，將來再設法裝置於「華衛」系列衛星上以滿足國防與民生方面需求。

(四)掛載飛機航測，滿足各項需求

在近程我國軍因應作為，可裝載SAR於飛機上執行情、監、偵任務，例如，先裝載於F-16或即將購置的P-3C反潛機上，至少在反登陸、偵察潛艦的情報作業上，先行滿足戰術性的基本要求，始有機會可以先期發現敵蹤，反制共軍部隊和水下潛艦對我之威脅。

現今SAR有機載雷達與衛星雷達兩種，衛星SAR的優點是照射面積寬廣，且又可控制於同一地點及同一時間對某個區域進行偵察，適合做長期的科學研究與軍事監控需求。但其解析度不如機載SAR的精度高，原因是機載飛行高度較低可獲取較高的解析度影像，且可隨時起飛前往指定地點執行任務，衛星SAR則無此優點。

陸、結 論

由實戰經驗顯示「掌握情資，才能掌握戰場主控權」，合成孔徑雷達未來如結合國軍之情、監、偵系統，將有助於我臺澎防衛中先期作戰之有利態勢。資電作戰是未來戰爭的主軸，先進國家將合成孔徑雷達視為資訊戰場的重要資訊來源，並置重點於獲致持

久蒐集能力之新式影像情報方法。

當然UAV與SAR除了軍事用途外，在民生方面可支援水災、地震、風災、植被及都市計畫等探勘與評估。在國防預算有限的情況下，為使國防與民生相結合，國軍要「成為關鍵時刻的關鍵武力」，選擇UAV與SAR已是未來必然的趨勢，此可增加指揮官戰場決策速度及釐清戰場迷霧，兩次的美伊戰爭中充分運用部署於太空的衛星以及UAV來指揮作戰，已成為未來戰爭的典範，為加強情、監、偵不足處，可以較低成本，著手於UAV與SAR研發。

前瞻未來作戰場景，先進科技為影響作戰致勝關鍵因素之一，國軍此際在情蒐作為上應加速開發無人飛行系統，以積極之手段，全方位爭取掌握敵情之先機，以利防衛作戰之遂行。

收件：99年10月26日

修正：100年09月06日

接受：100年11月08日

作者簡介

潘宜輝中校，中正理工學院85年班、國防大學中正理工學院電研所碩士94年班、空軍指揮參謀學院98年班；曾任電子官、通參官、分隊長、教官；研究領域：雷達理論、資電作戰；現任職於國防大學空軍指揮參謀學院資電作戰組教官、國防大學理工學院國防科學研究所電子工程組博士生。

張德仁博士，中正理工學院82年班、國防大學中正理工學院電研所碩士90年班、國防大學理工學院國科所博士97年班；曾任電子官、人事官、行政官、教師；研究領域：資訊安全、資電作戰；現任職於國防大學理工學院電機電子工程學系助理教授。