

世界新軍事變革—— 數位化戰場的基本建設

空軍備役少將 楊安康

僑光技術學院資訊科技系副教授 鄒永龍 博士

提 要

- 一、數位化戰場是數位化部隊實施作戰的重要依託，未來戰爭的核心就在於數位化戰場的基本建設。
- 二、數位化戰場的基本建設：數值地圖技術、空間定位技術、太空遙感探測技術、視覺化技術、氣象觀測預報技術、海洋探測技術。

壹、前 言

美蘇兩大軍事強國的軍備與太空科技競賽，自蘇聯政權瓦解後美國軍備優勢已獨占鰲頭，對我國最大威脅的中共則正急起直追。在近年軍事行動中以美軍兩次出兵伊拉克的波灣戰爭及對阿富汗賓拉登反恐作戰最受世界各國矚目，其中『遠距的「聰明彈」既精又準的摧毀敵軍軍事目標及設施』（如圖一）。

『精準』便是現代作戰的主要型態，即過去軍事行動大規模的盲目轟炸作戰方式及登陸作戰死傷無數的場景將不再現。不同於過去越戰經驗，美軍展現的是「決勝於千里之外」及「速戰速決」的先導作戰型態，部隊作戰前即充分掌握戰場環境，並瓦解敵方的主要打

擊力量，大幅降低部隊損傷，即為美軍致勝的主要關鍵。同時也讓我們省思世界新軍事發展與過去傳統戰爭有什麼不同？其變革之核心在於武器系統本身硬體之研發？或其背後隱而未顯不為人知的軍事科技發展？本專題不以軍事戰略戰術之觀點為著眼，而是以深藏於內之軍事科技發展加以論述世界新軍事變革。

圖一 精準導彈攻擊

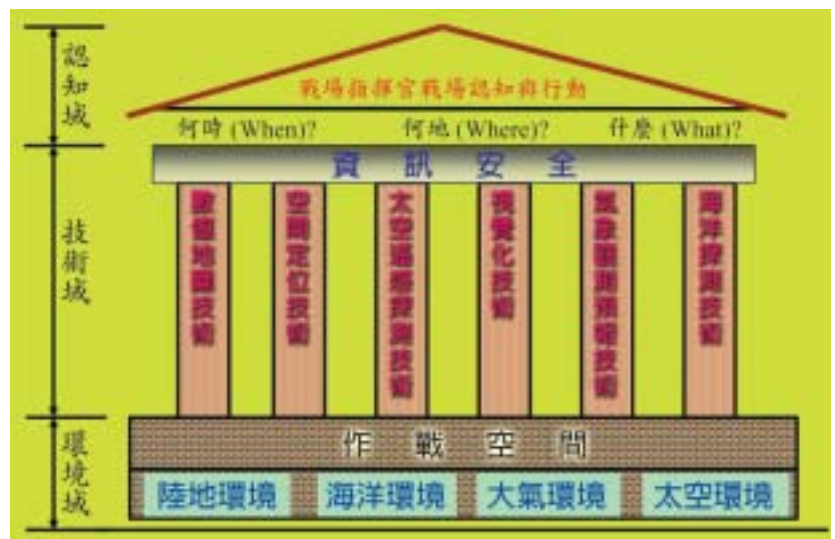


數位地球(Digital Earth)最初是由美國副總統高爾於1980年1月31日在OPEN GIS Consortium會議中所提出，希望將高解析力的衛星影像，數值地圖等資訊結合，以做為國家發展決策、土地利用規劃及危機處理之運用。戰爭型態當然也隨資訊及太空科技之發展，由傳統戰爭型態轉變為數位化戰爭（或稱知識戰爭）。未來的戰爭將是數位化戰爭，即數位化部隊在數位化戰場進行的作戰型態。它是以資訊為主要手段，以資訊技術為基礎的戰爭，是資訊戰的一種型態。其特點是武器裝備數位化、指揮控制體系網路化、戰場管理一體化、資訊裝備智能化、作戰人員知識化和專業化，而數位化戰場則是數位化部隊實施作戰的重要依託。所謂數位化戰場，就是以資訊網路為基礎，以戰場通訊系統為支柱，實現資訊收集、傳輸、處理自動化，網絡一體化的數位化戰場。從"數位地球"到"數位化戰場"，軍事地理資訊系統的服務成為爭取現代化戰爭勝利的重要關鍵因素。從美國近年之軍事發展與戰爭經驗中，中共在世界軍事變革之掌握及建構極為明確且積極。中共

「世界新軍事變革」系列叢書中已提出未來戰爭的核心就在於數位化戰場的基礎建設，叢書中明確指出數位化戰場基礎建設內容包括六個部份：(1)數值地圖技術；(2)空間定位技術；(3)太空遙感探測技術；(4)視覺化技術；(5)氣象觀測預報技術；(6)海洋探測技術（如圖二）。

這一切都為有效掌握作戰空間，打開戰場迷霧，兩軍作戰誰能對天候、地形狀態、敵軍、我軍位置等戰場情報蒐集愈完整，誰將是主宰勝利的一方，這一切都憑藉高科技的衛星技術來達成，於是中共近年也努力發展各系列衛星（如表一），實為其達到數位

圖二 數位化戰場基礎建設內容與關係



表一 中共所發射之人造衛星種類

人造衛星系列	用途
尖兵系列偵察衛星	軍用偵察衛星（中共對外宣稱為民用遙感衛星）。
東方紅系列通信衛星	軍用通信衛星可做為戰役戰場之機動戰術通訊用（東方紅四號為低軌道通信衛星改用超高頻微波頻譜，以避免遭敵軍電磁脈衝干擾）。
風雲系列氣象衛星	軍民通用之氣象衛星。
海洋系列海洋衛星	對雷達偵測不到的遠距海上船隻甚至潛艇，進行探測、跟蹤、定位和識別。
烽火系列測地衛星	即時提供戰場目標移動跟蹤資訊，具高解析度紅外線熱像傳輸與光學追瞄功能。
雙星系列軍用導航衛星	以提供艦船、航空器及導彈之精確定位導航訊號屬『雙星系列軍用導航衛星計畫』（10/31/2000成功發射第一顆）。
※發射總數約50餘顆，近年更加強『應急發射能力』。	

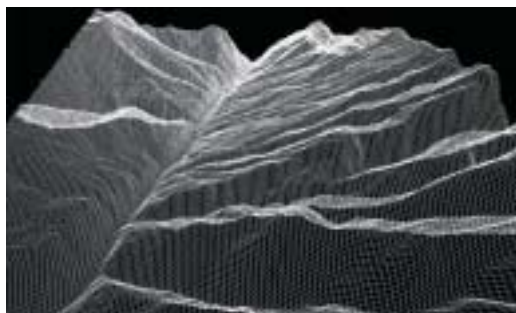
化、科技化作戰之具體作為及建設，而神舟六號從發射到登陸成功，對外都宣稱為提供民間需求使用，然其背後實質目的都是為軍事上做準備，其精密軌道計算及火箭自主發射能力之展現，可見其對現代數位化戰爭所投入的心力與經費不容小覷。茲將數位化戰場相關重要技術介紹如后。

貳、數值地圖技術

過去我們利用傳統紙質地圖執行任務規劃現在我們利用數值地圖當作C⁴ISR的基礎資料庫，數值地圖更是做為戰場管理、分析、支援、決策之要角。依據用途美軍將數值地圖主要分為四種資料格式：

一、數值地形高程資料庫(Digital Terrain Elevation Data, DTED)：利用航空照片、衛星影像立體測量技術或以各比例尺地形圖資數位化後，獲取數值地形模型，以提供各種軍事運用（如圖三）。

圖三 DTED



■比例尺：包含Level 1或Level 2兩種等級。

■精度：平面精度小於或等於50m；高程精度小於或等於30m。

■內容：三度空間數值地形資料庫。

■用途：用以三度空間模擬顯示，可配合數值地形飛航系統(DTS)使用。

二、影像地圖資料庫(Compress ARC Digitized Raster Graphics, CADRG)：傳統各比例尺紙圖經掃描數位化、糾正處理及

賦予地理座標，再經過量化壓縮演算，並儲存為CADRG光碟格式（如圖四）。

圖四 CADRG



■比例尺：包含百萬、五十萬分之一航圖、二十五萬分之一聯戰圖及五萬分之一地形圖。

■精度：高於或等於原稿圖面0.3mm。

■內容：數值影像航圖、聯戰圖及地形圖資料庫。

■用途：傳統地圖數位化，用以確認目標地點及規劃飛行路線，是為最基本之重要圖資。

三、衛星影像資料庫(Controlled Image Base, CIB)：衛星影像先行正射處理後，在經過量化壓縮演算，並儲存為CIB光碟格式以提供各種軍事運用（如圖五）。

圖五 CIB



■ 內容：灰階衛星影像圖。

■用途：輔助傳統地圖之不足，用以表

標準向量式規格圖資(Vector Product For-

圖六 VPF



■ 比例尺：包含百萬、二十五萬及五萬

■精度：合於各尺度精度規範。

■ 內容：資料庫產品分別為行政界線、

■用途：可做為作戰任務規劃系統，聯

參、空間定位技術

基本上，衛星定位是一時間之量測系

一、美國『全球定位系統』(GPS, Global Positioning System)

全世界最早之衛星定位系統(NNSS,Navy

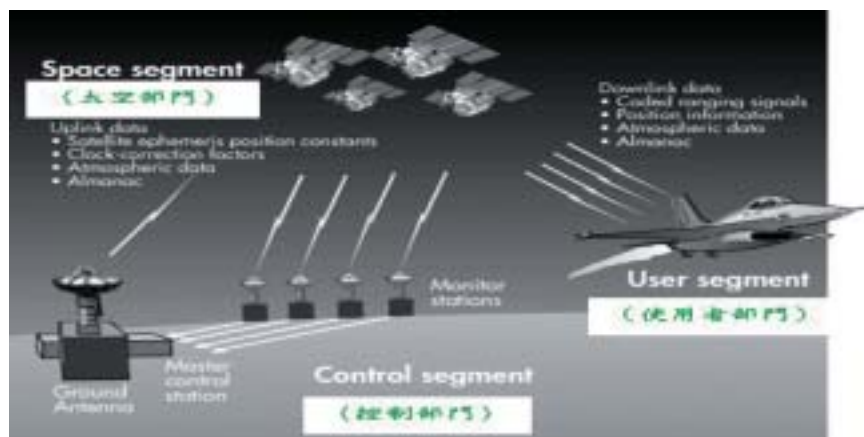
新衛星定位系統(NAVSTAR/GPS, NAVi-

圖七 GPS 衛星



二、前蘇聯『衛星定位系統』(GLONASS)

圖八 美國『全球定位系統』GPS



圖十 Galileo 衛星



的聯繫與合作，擴展各國就業市場與經濟發展之規模，發展

展的衛星導航系統（第一顆導航衛星於1982年發射成功）（如圖九），其系統架構及定位方法與GPS系統類似，亦是一全球性、全天候24小時使用之定位系統，有別於美國GPS系統未加設選擇性(SA)效應降低定位精度以區分軍事高精度及民用低精度應用服務。此系統此一優越性理應廣受歡迎及使用，然近年俄羅斯經濟大不如前，無力維持該導航衛星運作致系統時現不穩定狀態，且原系統設計應有24顆衛星，迄2004年12月僅14顆運作致全球化定位服務無法全面作業。最近此系統重獲俄羅斯政府重視已仿照美國GPS擬定現代化計畫以圖起死回生爭取商機。

圖九 GLONASS 衛星



三、歐盟『伽利略衛星計畫』(Galileo, 建構中)

歐盟基於建立自主性導航衛星系統，別於美國GPS及俄羅斯GLONASS以軍事用途為目的之衛星系統，進而加強歐盟各國之間

出以民用導航為主且涵蓋全球範圍的衛星系統，稱之為伽利略(Galileo)衛星系統，第一顆衛星已於2005年12月28日成功發射(如圖十)，伽利略衛星系統整個發展期程，可分為四個階段：

(一)定義期(Definition Phase)：從開始到2001年，為定義Galileo衛星系統之需求與結構。

(二)發展與確認期(Development and Validation)：從2002至2005年，為任務需求之統合，發展衛星與地面控制站，以及軌道評估確認。

(三)全面部署期(Deployment)：從2006至2007年，為建造與發射衛星，以及整個地面控制部分之裝設。

(四)完整運作期(Operation)：2008年以後。並預定在2010年完成30顆衛星發射全面運作，提供1m之即時定位服務。

目前市售之衛星接收儀大致分為單系統單頻及雙頻型、雙系統(GPS+GLONASS)單頻及雙頻型；未來之衛星接收儀將擴增為三系統(GPS+GLONASS+Galileo)三頻型，在三大衛星定位系統架構之設計上有所不同，其差異比較(如表二)。除上述三大衛星定位系統外，中共『北斗衛星系統』(現已發射三顆)值得密切注意其發展。目前中共已正式加入歐盟『伽利略衛星計畫』會員，其

表二 GPS、GLONASS與Galileo 衛星系統之比較

架構 \ 系統	GPS	GLONASS	Galileo
衛 星 數	24	24	30
軌 道 面 個 數	6	3	3
軌 道 高 度	20,200km	19,100km	30,000km
運 行 週 期	11小時58分	11小時15分	14小時04分
軌 道 傾 角	55度	65度	56度
坐 標 系 統	WGS-84	SGS-E90	GTRF (ITRF)
用 途	軍用設計允許民用	軍用設計允許民用	民用設計
公 開 定 位 服 務	免費	未來免費	免費
公開定位服務精確度	20m (95%時間)	60m (99.7%時間)	15-20m (單頻) 5-10m (雙頻)
特許定位服務精確度	16m	—	1m
搜 索 救 援 功 能	無	無	有

用意為何實有待進一步觀察。

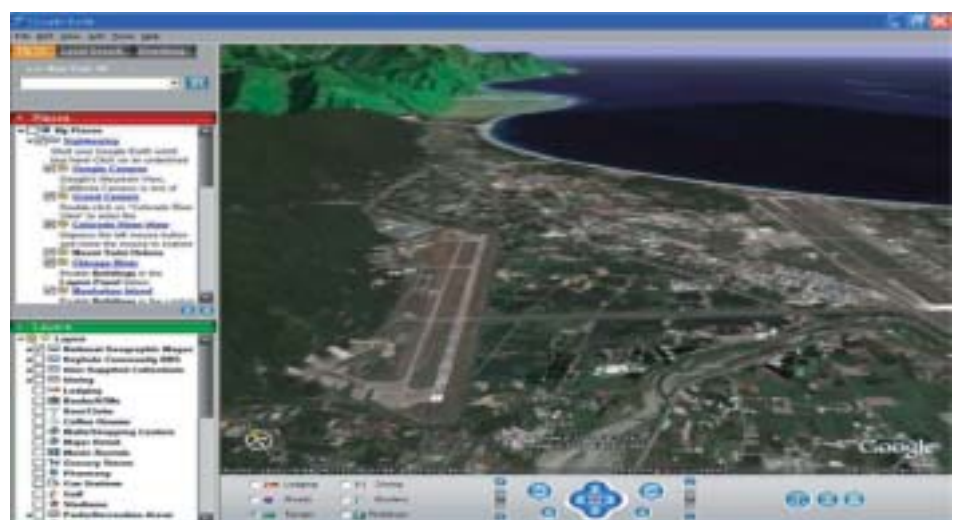
現有衛星定位技術與成就，靜態定位測量（作業時間至少15分鐘以上）可達公分甚而公厘之定位精度；動態定位導航則可達公尺甚而cm之定位精度。定位作業模式可分為單點定位（單機）及相對定位（雙機）之技術研發，高精度定位以後者為主，採用差分定位技術之定位精度不受美國選擇性SA效應（柯林頓政府於2000年5月2日正式關閉此一效應）之影響。過去傳統導航系統是以慣性導航方式為主，其缺點在於飛航愈遠定位偏差愈大，而現行衛星定位是地面載臺設置衛星定位儀接收太空中衛星所發射之無線電訊號觀測資料定位，能提供陸上、海上、空中及太空載具準確即時之地理位置。除民間相關產業及科學研究應用外，衛星導航系統提供戰場即時定位，在軍事上可支援超遠程精準攻擊能力、為部隊或單兵確立定位點，指揮與協

同作戰、為戰機潛艦及其他航空器提供精確導航、為彈道飛彈及巡弋飛彈等制導武器導航。

肆、太空遙感探測技術

近年來，衛星遙測技術在軍事應用上已使美軍於中東戰爭展現豐碩成果，日前伊朗發展核武事件亦有賴衛星影像之判讀與佐證。此外，由於衛星影像商業市場利益龐大，由一般的商業網站Google Earth網站亦可輕易獲得極機敏之高解析度衛星圖像（如圖十一）。美國「空軍模式模擬中心」執行

圖十一 Google Earth網站下載之影像



圖十二 印度IRS 影像（解析度5.8m）



圖十四 美國IKONOS 影像（解析度1m）



圖十三 以色列EROS 影像（解析度2m）



圖十五 美國Quick-Bird 影像（解析度0.62m）



表三 地球資源衛星

人造衛星系列	衛星種類（年代與解析度等相關資訊）
第一代衛星	美國LANDSAT-1,2,3
第二代衛星	美國LANDSAT-4,5,6,7（6號發射失敗）
第三代衛星	法國SPOT-1,2,3,4（SPOT-3已停止運作） 印度IRS-A,B,C,D
第四代衛星	雷達衛星：歐州ERS-1,2，日本JERS-1(1992) 加拿大RADARSAT
第五代衛星	高解析度影像—以色列EROS A,B，美國Earlybird, Quickbird，Ikonos，OrbView，俄羅斯SPIN-2
	高光譜影像（224~384波段）
	IKONOS-2於1999/9/24發射成功
	QuickBird-2於2001/10/18發射成功
	SPOT 5於2002發射成功
	Orbview 3於2003發射成功 福衛2號於2004發射成功

長克拉克上校即表示：「每一戰場指揮官都應有能力運用商業觀測衛星資料」，由此可知「衛星通識」為現代軍官所必備。

陸地衛星運用相當廣泛包含地球環境與資源調查、監測與評估等，遙測技術之發展，空間解析度已從數十公尺進展至約半公尺（如圖十二、十三、十四、十五），以科技年代發展大致可分為第一代至第五代衛星（如表三）。

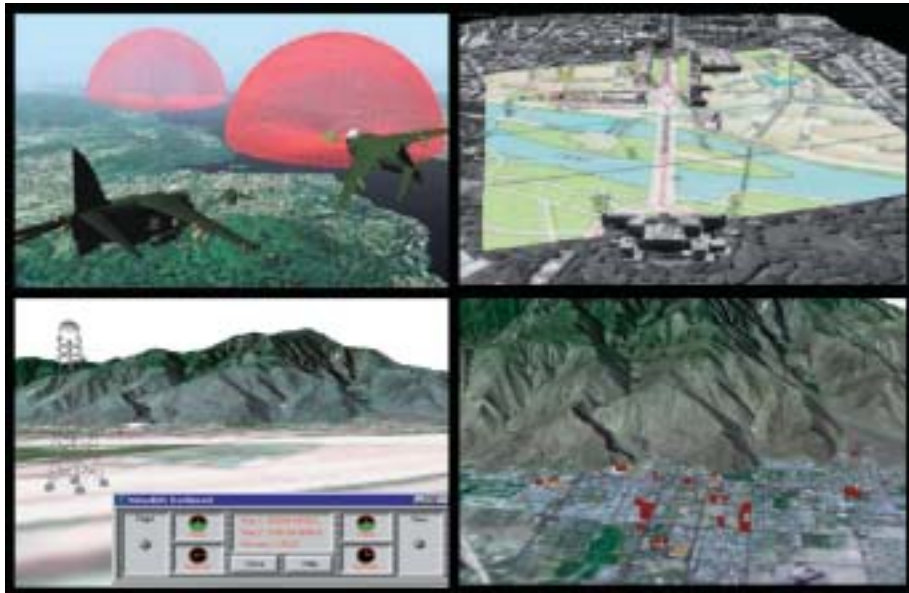
伍、視覺化技術

視覺化技術即虛擬實境，可以用來追蹤和控制戰場的過程，利用虛擬實境系統規劃和展現戰爭的技術，軍事院校的學生

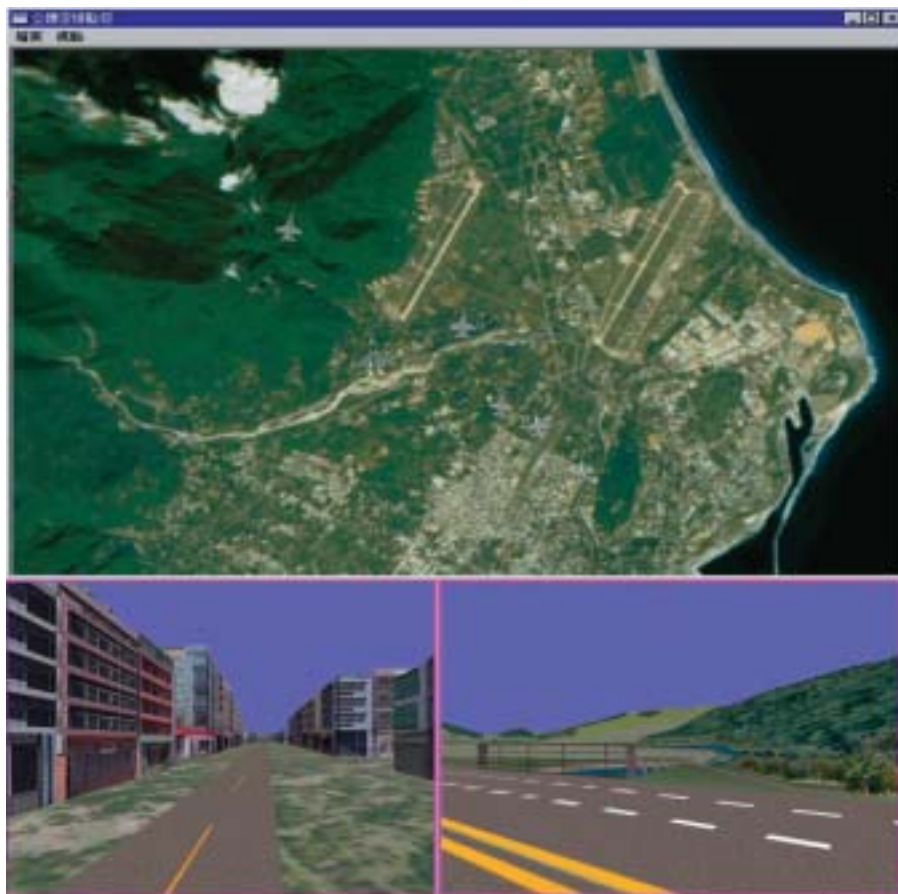
可以輕易回顧著名戰役的過程，可以改變戰爭的條件，模擬各種可能的戰爭結果。採用虛擬實境技術可以設計各種模擬訓練系統，

這對未來戰爭將產生重大影響。未來軍官在經過近似實戰的模擬訓練後，將能夠更加靈活主動地應付局部戰爭和大規模戰爭，各種軍事應用（如圖十六）。

圖十六 視覺化技術應用



圖十七 數位化戰場環境模擬



美國先進國防研究計畫局(DARPA)於20世紀80年代初期倡導了SIMNET計畫其目的是將分布於不同地點的地面車輛模擬器用資訊網路串聯起來，進行攻防對抗演習，以檢

驗武器系統的作戰效能和作戰條件的有效性，訓練指揮作戰人員。SIMNET計畫可以進行坦克模擬訓練，允許士兵可以從各個地點參加演習，後來在美國國防部推動下將作戰飛機、水面艦艇和潛艇等作戰對象也引進。

視覺化技術也可用於虛擬戰場環境即真實地形環境的模擬（如圖十七），是軍事測繪在資訊化時代提供的一種全新測繪支援項目。它在虛擬現實技術支撐下，以空間數據庫為基礎，構成一個讓人可以身臨其境的虛擬戰場，並將虛擬化的武器、人員、設施融入其中。在虛擬戰場上實現作戰、訓練的模擬，大大提高了指揮、參謀人員戰場認知的深度。虛擬戰場也為各種武器的設計、檢測、作戰行動的驗證提供了試驗平臺，是傳統地圖上進行的態勢標繪、戰場分析和武器運用規劃的重要發展與變革。虛擬戰場與定位系統相結合，還可為駕駛模擬、合成視覺導航（一種真實裝備與虛擬環境結合的盲視

導航技術) 提供有力支持。

陸、氣象觀測預報技術

獲取軍事氣象情報有多種方法，如利用各種氣象儀器進行地面及高空觀測；利用飛機、艦艇、氣象衛星、氣象雷達及氣象氣球等裝備實施天氣偵察，或派遣氣象偵察部隊或設置無人氣象站等。利用衛星遙測系統為偵蒐大氣天候及地表／底環境及地球資源等各類資訊是為最方便與快速的，世界各先進

國家獨資或國際合作方式發射之各類衛星包括地球同步衛星或太陽同步衛星（如表四），NOAA氣象衛星影像（如圖十八）。

柒、海洋探測技術

早在1962年美國進行了載人“水星”號(MERCURY)試驗飛行，第一次從高空觀測海洋，拍攝了海洋照片，開創了從太空探測海洋的新紀元。迄今，國際上發射了許多顆海洋衛星，大體上可分為三類：

表四 氣象衛星

衛星種類	系 統	國家或組織	發 射 時 間
地球同步衛星	METEOSAT	ESA	1995
	GOES-8/9	NOAA	1994/1995
	GMS	NASDA	1995
	INSAT	ISRO	1996/1997
	FY-2	中國	1997
太陽同步衛星	NOAA-14	NOAA	1994
	NOAA-K	NOAA	1996
	FY-1A/1B	China	1988/1990
	FY-1(C)	China	1999

圖十八 NOAA 影像



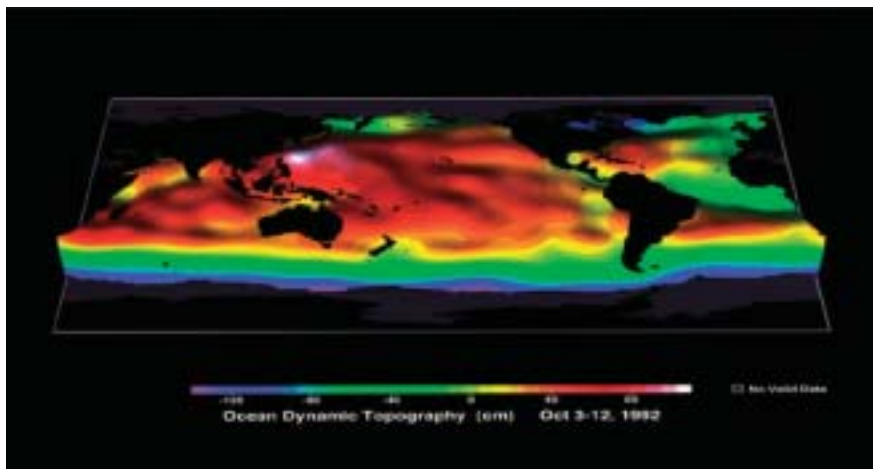
一、海洋水色衛星——主要用於探測海洋水色要素，如葉綠素濃度、懸浮泥沙含量、有色可溶有機物等，此外也可獲得淺海水下地形、海冰、海水污染以及海流等有價值的資訊。美國於1997年8月發射的SeaStar衛星是一例，此外，還有其他多顆這樣的衛星。

二、海洋地形衛星——主要用於探測海表面拓撲，即海平面高度的空間分佈。此外，還可探測海冰、有效波高、海面風速和海流等。美法合作於1992年8月發射的TOPEX/Poseidon衛星拍攝的影

像（如圖十九）和GFO衛星是目前最精確的海洋地形探測衛星。此外，美國EOS計畫將於2002年和2007年發射Laser ALT-1和ALT-2,可用於精確測量陸表和冰面地形。

三、海洋動力環境衛星——主要用於探測海洋動力環境要素，如海面風場、浪場、流場、海冰等，此外，還可獲得海洋污染，淺水水下地形、海平面高度資訊。歐洲空間局(ESA)於1991年7月和1995年4月相繼發射的ERS-1和ERS-2是這類衛星

圖十九 TOPEX/Poseidon 衛星拍攝之海洋動態地形影像



中最具代表性的。此外，除了海洋衛星以外，還有不少海洋探測器搭載的衛星，但功能不外乎海洋水色、海表拓撲和海洋動力環境等方面內容。

玖、結 語

法國名將拿破崙曾表示：「將領不應靠想像描繪情勢，他的情報應像望遠鏡般清楚」；我國孫子兵法地形篇：「知彼知己，勝乃不殆；知天知地，勝乃可全」，皆道盡了軍事戰略及戰術決策中戰場環境之重要性。戰場環境偵測早在第一及第二次世界大戰已應用航空攝影測量技術進行地理空間情報蒐整，為軍事行動判斷與決策的重要依據。隨著商業遙測衛星陸續發射，衛星更將大量運用於軍事上，因此對於現代作戰，遙感探測技術實為現今軍事作戰不可或缺之利器，是軍事科技發展極為重要之一環。

在世界軍事科技發展上，全球定位系統(GPS)、地理資訊系統(GIS)和遙測技術(RS)，在測繪3S基礎上整合網格計算、高效電腦、寬頻網路而逐步形成的一項重大基礎設施工程成為數位化戰場建設的框架和基礎，這個框架將會在軍事作戰、指揮系統中完善運作且充分支援任何作戰。戰場空間環境與決戰因素具有時間性、區域性、決策性

與機敏性。武器系統是有形的裝備，數位化戰場是無形的資訊。武器之採購及研發固然重要，數位化戰場的基礎建設更是國家安全與部隊作戰勝利的第一道防線。美軍於多次戰役已驗證了此一新軍事變革的重要性，亦即數位化戰場的基礎建設與戰場感知。近年中共對於這新軍事變革投入了極大的人

力、物力、財力，我國在這波新軍事變革中若不能從學科的整合、組織調整上去積極作為，將會深深危及國家安全與部隊的戰力。

資料來源

1. 高俊，數字化戰場的基礎建設（解放軍出版社，2005年）。
2. 李良輝，「空間資訊技術與戰場環境仿真」演講稿（民國94年）。
3. 鄒永龍，「全球定位系統」課程講義（民國94年）。

收件：95年09月07日

修正：96年03月01日

接受：96年03月08日

作者簡介

楊安康先生，空軍備役少將，中正理工學院63年班、國立成功大學航空測量研究所碩士。

鄒永龍副教授，陸軍備役上校，中正理工學院68年班、國立成功大學航空測量研究所碩士、英國倫敦大學博士；現任職於僑光技術學院資訊科技系副教授兼圖資中心主任。