

飛彈的科學

彈道飛彈、空對空飛彈、地對艦飛彈、反衛星飛彈
從戰略飛彈到戰術飛彈大解密！

狩野良典◎著

推薦序

飛彈的科學與藝術

1944年6月13日凌晨，怪異嗡嗡聲劃過英國倫敦的星空，驚醒的倫敦人手上機械錶滴滴答答的指著四點剛過，空中飛行器的空速計齒輪也喀啦喀啦啦的兀自計算飛行距離，接著巨大爆炸聲迎面撲來，史上第一枚飛彈 V1 以殘酷方式喚醒倫敦人的週二早晨，就在戰爭史最大規模的諾曼第登陸後一週，納粹以秘密武器向英國還擊，也開啟了飛彈時代。被英國人稱為「嗡嗡炸彈」的 V1 飛彈，原因來自於其脈衝噴射引擎之獨特運轉聲，以類似巡弋飛彈的飛行彈道進行攻擊。緊接著在 1944 年 9 月 8 日，納粹德國再推出 V2 飛彈攻擊倫敦，又開啟彈道飛彈的濫觴，其火箭引擎也成為後續美蘇太空計劃與洲際飛彈的研發基礎。

在初登場後，飛彈在近代戰爭中可說無役不與，各種型號不斷出現，以作戰空間區分，

包括地對地、地對空、空對地、空對空、甚至跨大

氣層的反衛星飛彈等；以戰術功能區分，則包括攻艦、反裝甲、防空、以及飛彈防禦等專用型導引飛彈。同時，飛彈的出現也在國際政治扮演重要角色，隨著射程距離的增長，中程飛彈、乃至長程洲際飛彈可以直搗對手後方，若搭載核生化彈頭將具備大規模殺傷能力，進而成為戰略性武器，衝擊國際體系的安全與穩定。這也是冷戰時期「核嚇阻能力」以及相關談判是國際政治主要議題之原因，例如膾炙人口的電影「驚爆十三天」就是講述核戰一觸即發的古巴飛彈危機，還有一系列核潛艦電影之所以賣座，也是因著人們對潛射核飛彈僅由少數人掌控著核彈按鈕的恐懼。實際上，國人記憶猶新的「臺海飛彈危機」，以及波灣戰爭中精準命中軍事目標的「外科手術」式攻擊，乃至國際新聞常客的北韓飛彈試射，在在都說明飛彈在國際情勢中的影響力。

飛彈之所以可在戰場上橫衝直撞，就在結合高科技與工程設計的高度工藝，在彈體的狹小空間內，要整合尋標器、彈頭、姿態感測、運算電腦、推進劑、火箭引擎、電池、氣動面操控機構等八大系統，又要在飛行速度與最大射程之間取得平衡，拿捏取捨之間可說是高度的藝術。可以這麼說，就如同「賈柏斯難題」，在設計 I-phone 時堅持輕薄短小的設計美學，卻又要能高科技應用，在薄薄的機身納入高畫素鏡頭、高速處理器、長續航電池、以及敏銳的高解析面板，當然還要 GPS 接收器、重力感應等元件，這些功能濃縮在能夠一手掌

握，方寸之間可說是大大不易。隨著微電子科技的進步，就如同手機功能愈為強大，未來各式飛彈的性能也將大為提昇，雷達與紅外線尋標器的解析度更高，能更精準的辨識真假目標，透過聯網技術甚至可進行群組協調的聰明攻擊手段，對大群目標發動狼群般的集體攻擊，加上人工智慧的導入，新世代飛彈的殺傷力將更為精準且致命，目標一旦被鎖定就如同獵物被鷹眼盯上一股，再難脫身。

在明日戰場，飛彈將扮演決勝角色，甚至成為新一波軍事革命的主要動力，就如同軍事科技史上的飛機、戰車、航空母艦等新科技的應用，在戰場上都發揮決定性戰果。而在未來的軍事競逐中，台灣也不會缺席，由於擁有先進的半導體產業，掌握全球軍規晶片的主要生產地位，當紅的 F-35 戰機就是由台灣提供最新的奈米級軍規晶片，類似技術也將用於新一代的飛彈及各式導引彈藥，台灣可說是掌握著未來軍事科技的靈魂。透過本書對飛彈的介紹，讀者不僅可了解飛彈的發展與重要性，更可理解飛彈如何以小博大的科學與藝術，就如同小國好民的台灣，將可在科技強權的競逐中扮演關鍵角色。

國防安全研究院
國防資源與產業所長
蘇紫雲

自序

大家都說現在是「飛彈戰爭的時代」。雖然尚無法單憑互射飛彈就決定戰爭勝負，但飛彈的確是現代戰爭中不可或缺的要素之一。

而軍事也是政治中重要的一環，若是缺少軍事知識，別說是國際政治了，連談國家生存戰略的空間都沒有。只是，現在的日本人普遍缺乏這個必備的知識。1980年代，冷戰時期，當時歐洲的首腦與日本首相會談時，提到了「SS-20」這一個名詞，但是日本方卻無人知曉。SS-20指的是蘇聯的長程彈道飛彈（IRBM）。一般來說，缺少軍事知識就算是個不合格的政治家，但二十世紀後半的日本政治家，幾乎都是沒有資格被稱作政治家的人。不過，之所以會變成如此，我想是因為選出這些政治家的國民都是和平傻瓜的緣故，再加上日本國民們也沒有身為主權者的自知吧！

民主主義國家的國民才是國家的主權者。若使用譬喻的話，每一位國民都如同是國王或總統。我們自己就是國家的主人，甚至可以說「朕即國家」，自己就是

執行政治的主體。只是現實中，如果全體國民都變成總統，一般產業都無人運作的話，社會將會無法成立，所以國民才會到各自的產業中進行經濟活動。此外，由於全體國民無法都進到國會裡開會，所以才會選出某位代表代替國民進行會議，或選出某人來代替國民作為首相。但這也只是代理人民來執行這些工作，實際上的主體依然是我們自己。

因此國民必須思考「要如何營運這個國家」，當考慮國家政治時，就必須理解到軍事是政治中不可劃分、至關重要的一部分。缺少軍事知識，是無法勝任首相或總統的，換言之，沒有軍事知識的人沒有資格談主權。因此國民必須具備軍事方面的知識才行。話雖如此，若對大多數的人說：「大家對軍事知識都應該要有所了解！」也只會讓人徒增困擾而已。我們應該讀哪些書來學習軍事知識呢？世界各地經常可以見到，所謂「武器狂熱者」的知識是不需要的。因為對一國之君而言，需要學習的軍事知識，並非武器的機械結構或規格，而是戰略等級，且多半與政治相關。社會中多數被稱作「軍事宅」的人，事實上都不具備身為國家主權者必須了解的戰略等級軍事知識。

不過，在現實世界的軍事行動中，武器確實也擔任了相當關鍵的角色。雖然不需要像狂熱者那樣精通武器的構造，但如果是像 1980 年代的日本某位首相，對於「SS-20」完全沒有概念，身為主權者連聽到「DF-21」

或「彈頭使用了 MIRV」，也是一臉困惑，就真的會讓人感到困擾。只要對硬體方面的知識有一定程度的了解，在論及有關國家防衛的議題時，就不會作出前後矛盾的發言了。因此，筆者想寫一套簡單易懂的軍事知識叢書，方便向各位讀者解說身為國家主權者必備的軍事知識。本書《飛彈的科學》，就是其中一本。

雖說如此，但也不是要求各位讀過書後，「好的，那接下來開始考試，沒有考到 75 分以上的人沒有選舉的資格。」努力地把書中內容背起來。而是只要讀過一次，把內容放在大腦的某個角落，等到那天需要的時候想到「啊對欸，那本書裡面有寫到」，再翻開此書閱讀就行了。

本書除了解說有關飛彈的基礎知識之外，也會提及其他非飛彈類的武器，像是飛彈的「親戚」，如無導引火箭（FFR）、導引炸彈和導引砲彈等。飛彈（Missile）的英文，是來自於拉丁文的「投射物」。也就是說，原本的意思是指將弓矢、石頭或是槍砲彈藥等物體，在沒有搭載導引裝置的狀態下，不管三七二十一地丟向敵人，都可以當作是飛彈。而裝有導引裝置的飛彈就稱為「Guided Missile」（GM）。不過在現代，如果是講廣義的投射物體，英文會使用「Projectile」這個詞；而若是 Missile，指的就是擁有推進力的導引飛彈了。

雖說如此，像是俄羅斯的蛙式飛彈（Frog Missile），其實不是導引飛彈，而是火箭的一種，但卻被稱為飛彈；

另外，有的砲彈或由轟炸機投下的炸彈上也都裝有導引裝置。雖然這些武器都不屬於狹義的飛彈，但在戰術上的用法等同於飛彈。因此，書中也會將這些武器視為與飛彈相關的軍事知識，一併說明和介紹。

2016年3月 狩野良典

CONTENTS

飛彈的科學

彈道飛彈、空對空飛彈、地對艦飛彈、反衛星飛彈
從戰略飛彈到戰術飛彈大解密！

推薦序	i
自序	iv
第1章 分類系統	9
1-01 戰術飛彈與戰略飛彈	10
1-02 彈道飛彈	12
1-03 潛射彈道飛彈	14
1-04 巡弋飛彈	16
1-05 空對空飛彈	18
1-06 空對地飛彈	20
1-07 地對空飛彈	22
1-08 地對地飛彈	24
1-09 艦對艦飛彈	26
1-10 地對艦飛彈	28
1-11 空對艦飛彈	30
1-12 艦對空飛彈	32
1-13 反戰車飛彈	34
1-14 反彈道飛彈	36
1-15 反衛星飛彈	38
1-16 導引炸彈	40
1-17 導引砲彈	42
專欄 1 二戰後第一種日本國產的R30火箭	44
第2章 導引系統	45
2-01 線控導引	46
2-02 雷射導引	48
2-03 指揮導引與歸向導引	50
2-04 影像導引	52
2-05 GPS導引	54
2-06 慣性導引	56
2-07 地形比對導引系統	58
專欄 2 北韓的「大浦洞飛彈」	60
第3章 推進系統	61
3-01 液態燃料火箭	62
3-02 固體燃料火箭	64
3-03 噴射引擎	66
3-04 渦輪噴射引擎	68
3-05 衝壓引擎	70

3-06	脈衝噴射引擎	72
3-07	導管火箭引擎	74
專欄 3	俄羅斯飛彈的北約代號	76
第4章	彈頭系統	77
4-01	榴彈	78
4-02	反戰車榴彈	80
4-03	自鍛破片彈	82
4-04	集束炸彈	84
4-05	熱壓彈	86
4-06	化學彈頭	88
4-07	EMP彈頭	90
4-08	核彈頭	92
專欄 4	加力器的角色	94
第5章	如何從戰術飛彈的威脅中生存	95
5-01	偽裝	96
5-02	誘餌	98
5-03	煙幕	100
5-04	干擾絲	102
5-05	熱焰彈	104
5-06	使用機動性脫逃	106
5-07	戰車的間隙式裝甲	108
5-08	擊落飛彈	110
專欄 5	被飛彈攻擊時的防禦手段	112
第6章	彈道飛彈的防禦	113
6-01	使用偵察衛星尋找飛彈基地	114
6-02	偵測彈道飛彈的發射	116
6-03	彈道飛彈的軌道①	118
6-04	彈道飛彈的軌道②	120
6-05	由雷達所進行的飛彈偵測	122
6-06	拋射彈道與低飛彈道	124
6-07	擊落上升中的飛彈	126
6-08	中途階段的攔截方式	128
6-09	終端階段的攔截方式	130
6-10	威懾理論與互相保證毀滅	132
專欄 6	巡弋飛彈的防禦	134

CONTENTS

第7章 關於核彈頭的大小事	135
7-01 原子彈	136
7-02 濃縮鈾	138
7-03 核分裂與連鎖反應	140
7-04 槍管式原子彈和內爆式原子彈	142
7-05 鈾元素	144
7-06 氫彈	146
7-07 確實引爆所需之物	148
7-08 中子彈頭	150
專欄 7 瑞士國民家庭的戰爭防衛手冊《民間防衛》	152
第8章 如何從核爆中生存下來	153
8-01 核爆後的巨大火球	154
8-02 紅外線	156
8-03 爆炸波	158
8-04 初期放射線和殘留放射線	160
8-05 放射線對人體的影響	162
8-06 從核戰中生存下來	164
8-07 放射線的種類和穿透力	166
8-08 放射線的遮蔽方式與衰退	168
8-09 家庭用簡易式核子避難所	170
專欄 8 Cold Launch與Hot Launch	172
第9章 世界主要的飛彈種類	173
9-01 世界主要的ICBM	174
9-02 世界主要的IRBM	175
9-03 世界主要的SRBM	176
9-04 世界主要的SLBM	177
9-05 世界主要的巡弋飛彈	178
9-06 世界主要的空對空飛彈	179
9-07 世界主要的地對空飛彈	180
9-08 世界主要的空對地飛彈	181
9-09 世界主要的空對艦飛彈	182
9-10 世界主要的艦對艦飛彈	183
9-11 世界主要的艦對空飛彈	184
9-12 世界主要的地對艦飛彈	185
9-13 世界主要的反潛飛彈	186
9-14 世界主要的反戰車飛彈	187
參考文獻	188
索引	189

第 1 章

THE SCIENCE OF MISSILES

分類系統



在武器展覽上，俄羅斯飛彈公司（JSC Tactical Missile Corporation）的攤位。

戰術飛彈與戰略飛彈

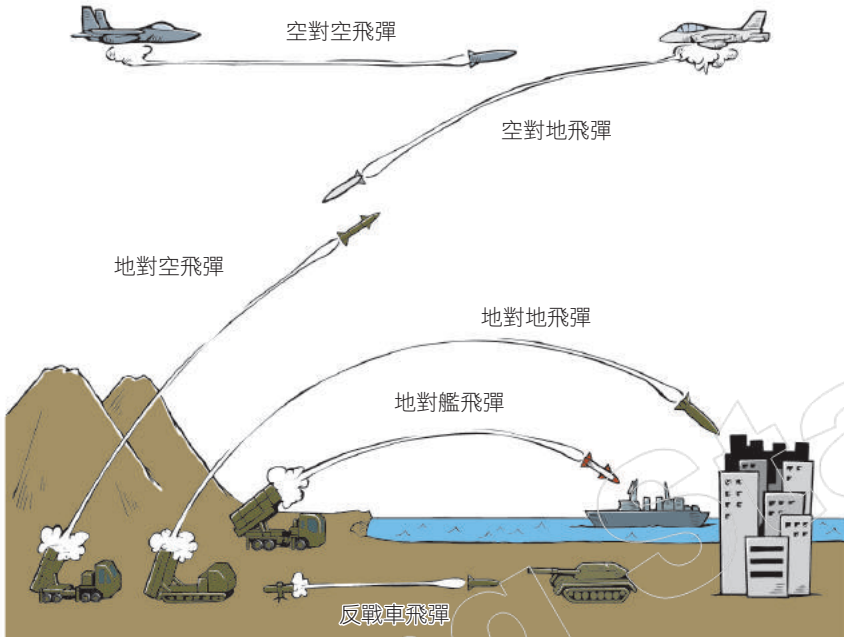
——冷戰時期蘇聯（現俄羅斯）決定的分類方式

所謂的**戰術飛彈**，指的是在各國軍隊戰鬥的戰場上，攻擊敵人及造成破壞的飛彈。大部分的飛彈，包含剛剛提到的反戰車飛彈、對空飛彈或反艦飛彈等，都是被歸類到戰術飛彈分類之中。

所謂的**戰略飛彈**，指的則是飛越戰場，目的在於摧毀敵國都市或工廠等重要設施的飛彈。理所當然，戰略飛彈的射程比戰術飛彈要長上許多。在冷戰時期，蘇聯（現俄羅斯）對於飛彈的分類，是以射程來區分：射程超過 5,500 公里以上的彈道飛彈，就屬於戰略飛彈（請參考 1-02）。不過，針對從飛機上發射的戰略飛彈，其射程距離較短，而且飛機必須飛到目標附近才能發射，因此將射程設定在 600 公里以上。但因美國和蘇聯認為，「為了要打擊敵國都市以及重要設施，如此距離的射程是必須的」，所以才被歸類於此。

比如，北韓要攻擊韓國的都市，平壤和首爾的距離只有約 200 公里；如果是印度和巴基斯坦的話，德里和伊斯蘭馬巴德的距離大約是 700 公里。也就是說，**對中小國而言，射程僅有數百公里的飛彈也足夠當作戰略飛彈來使用**。因此，這個由冷戰時期美俄決定、由射程區分飛彈的分類方式，對現在的美國、俄羅斯、中國以外的國家而言，毫無意義。

另外，談到戰略飛彈就會聯想到核子彈頭，這已經是一種常識。雖然在戰略飛彈的定義中，並未包含使用核子彈頭的飛彈，但一般彈頭的飛彈，對於打擊敵國的戰略而言，其破壞力是沒有足夠力道的，因此才會使用核子彈頭。這也是為什麼談到戰略飛彈就會聯想到核子彈頭飛彈的原因。



戰術飛彈是戰場上軍隊與軍隊間進行戰鬥的飛彈。



戰略飛彈則是飛過戰場，瞄準敵國中樞或都市的飛彈。照片是中國的DF-2。

彈道飛彈

——瞄準敵國中心的巨大砲彈

彈道飛彈（Ballistic Missile）指的是飛行方式像砲彈般、以拋物線飛行的飛彈。這種飛彈並非從火砲發射，而是以火箭的方式發射出去，類似「巨大的砲彈」。

飛彈——總之是導引飛彈的一種，附有導引裝置。不過其導引方式，並不是由發射基地發出的導引電波引導，而是飛彈內部的裝置會自動檢查飛彈是否依照計畫中的彈道飛行，並進行微調。但也僅此而已，所以並不能說是真正的導引。

彈道飛彈的分類方式如下：射程 6,000 公里以上的彈道飛彈，稱為**洲際彈道飛彈**（ICBM：Inter Continental Ballistic Missile）；射程約 2,000 ~ 6,000 公里的稱為**長程彈道飛彈**（IRBM：Intermediate-Range Ballistic Missile）；射程 800 ~ 2,000 公里的稱為**中程彈道飛彈**（MRBM：Medium-Range Ballistic Missile）；射程 800 公里以下的則稱為**短程彈道飛彈**（SRBM：Short-Range Ballistic Missile）。

不過，此種由射程來區分彈道飛彈的方法，並沒有一個明確、世界共通的基準。根據美俄的戰略武器限制談判協定中，射程距離超過 5,500 公里以上的彈道飛彈，即屬於 ICBM。

中國軍隊的彈道飛彈分類方式則為，射程超過 5,500 公里以上的彈道飛彈稱為洲際彈道導彈（ICBM）；射程介於 3,000 ~ 5,500 公里的稱為遠程彈道導彈（IRBM）；射程介於 1,000 ~ 3,000 公里的稱為中程彈道導彈（MRBM）；射程 1,000 公里以下的稱為短程彈道導彈（SRBM）。另外，法國則是把射程介於 2,400 ~ 6,000 公里的彈道飛彈分類到 IRBM。根據不同國家或使用的文件不同，分類方式或多或少會有些不同。



中國的DF-2中程彈道飛彈因為老舊，目前已經除役了。

1-03

潛射彈道飛彈

——核威攝力的主角

設置在地面上的飛彈基地，可能會遭到敵方的先制攻擊而被破壞。因此，有些軍隊會把飛彈基地設置在大型的運輸、發射車輛或火車上，成為移動式的飛彈基地。但不管是何種類型的基地，都難以和不易被敵軍發現、且能自由移動的潛艦相比。由潛艦所發射的彈道飛彈，稱為**潛射彈道飛彈**（SLBM：Submarine Launched Ballistic Missile）。

不論任誰擁有壓倒性優勢的核子武器，以及利用先制攻擊給予敵國毀滅般打擊的自信，一旦發射核子飛彈攻擊敵國，「連位於世界何處都無法得知的敵方潛艦，就會發動報復攻擊，向我國發射核子飛彈」，一想到此，就無法發動先制攻擊了吧！

以「一旦先發出攻擊，就會遭到報復」的方式，藉此來嚇阻對手想要攻擊的力量，稱為核威攝力。而搭載彈道飛彈的潛艦，就會是最具核武威攝力的手段了。

在地面上發射的彈道飛彈、可執行核子轟炸的轟炸機、搭載彈道飛彈的潛艦，這三種武器裝備被稱為**核武的三大主要支柱**。**任何一個國家只要擁有這三大支柱，就會被認為是擁有核武器大國的證明**。

但是，同時擁有這三種武器裝備的國家，只有美俄。雖然中國也宣稱擁有可以搭載核子彈頭飛彈的轟炸機，但該型轟炸機已經相當老舊，事實上等同於沒有。

雖然英國和法國也曾擁有設置在地面上的彈道飛彈，以及搭載核子彈頭的轟炸機，但因為軍事預算受到壓縮，面臨到取捨的問題。最後因為「搭載彈道飛彈的潛艦威懾力道最高」，所以英國和法國的核威懾力目前僅剩此種。



美國海軍的戰略核子動力潛艦「亨利 M 傑克森」號，是隸屬於華盛頓州基普察海軍基地中的八艘戰略核子動力潛艦之一。

照片來源：美國海軍



搭載在中國夏級戰略核子動力潛艦的JL-1 SLBM。

1-04

巡弋飛彈

——簡言之就是無人特攻飛機

巡弋飛彈（CM：Cruise Missile）指的是飛彈上有著像飛機一樣的彈翼，且幾乎是筆直著朝向日標前進的飛彈。像是無人特攻飛機一樣，上面搭載的引擎大多是噴射引擎。因此，巡弋飛彈上一般都會有進氣口。

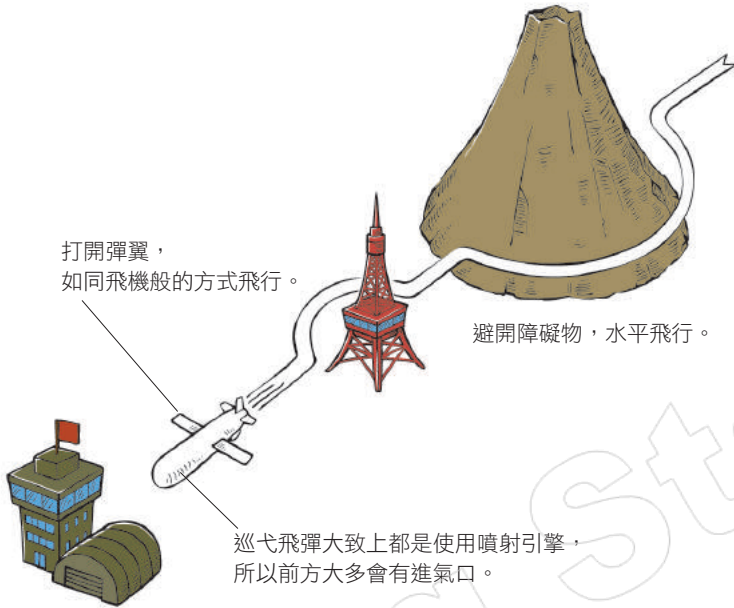
雖然沒有「搭載螺旋槳引擎的巡弋飛彈」，但在理論上是可行的，若射程變短也沒關係的話，搭載火箭引擎的巡弋飛彈也不是不行。

有彈翼，且是利用噴射引擎（或是火箭引擎）朝著目標水平飛行的話，大部分的反艦飛彈、反戰車飛彈，也都是屬於這種類型。雖說如此，但也只能說它們在構造上是巡弋飛彈，因為一般而言，不會把反艦飛彈、反戰車飛彈當作巡弋飛彈使用。

提到巡弋飛彈，一般會認為是攻擊固定於陸地上，且遠距離（數百公里以上）的目標。巡弋飛彈有很多種類，搭載在卡車上、由陸地上發射出來的巡弋飛彈稱為陸射巡弋飛彈 **GLCM**（Ground Launched Cruise Missile），由潛艦發射的稱為潛射巡弋飛彈 **SLCM**（Submarine Launched Cruise Missile），由飛機發射的稱為空射巡弋飛彈 **ALCM**（Air Launched Cruise Missile）等等。

從潛艦的魚雷發射管所發射的巡弋飛彈，發射前是裝在魚雷型的膠囊中。發射時，整個膠囊會連同裝在裡頭的巡弋飛彈一同射出；等到浮出水面時，一具名為加力器的小型輔助用火箭，會使巡弋飛彈飛向空中；滯空後，巡弋飛彈就會打開像是飛機機翼般的彈翼，使用噴射引擎開始水平飛行，朝著目標前進。

巡弋飛彈的飛行概念



現代的巡弋飛彈會避開障礙物，以超低空的方式飛行。



中國的車載式長劍10巡弋飛彈，在北京的閱兵分列中亮相。