

析論「雷射慣性砲兵指示系統」(LINAPS)

作者：耿國慶 備役中校

提要

- 一、2001 年第二次波灣戰爭期間，英國陸軍砲兵編制之 L118 式 105 公厘輕榴砲，由於配備「雷射慣性砲兵指示系統」(LINAPS)，於伊拉克發揮極大功效，圓滿達成火力支援任務。LINAPS 為獨立自足之系統，安裝後提供火炮高精度之定位、定向與射擊諸元，增加快速反應與全天候部署能力，並可執行導航、射控與彈藥管理工作，堪稱牽引砲「自動射控系統」(AFCS)。
- 二、LINAPS 包括：慣性導航單元(含 GPS 天線)、瞄準手顯示與控制單元、里程計、電力供應模組與導航顯示器等組成，基於功能取向與英軍在伊拉克戰場成功使用經驗，目前包括美軍 M119A3 式 105 公厘輕榴砲在內，全球已有多數國家相繼採用。LINAPS 部分使用在各型牽引砲與自走砲，亦可安裝於迫砲與多管火箭系統。
- 三、英軍 L118 式 105 公厘輕榴砲為當代 105 公厘輕型牽引榴砲極致發展之代表作，亦成為未來發展趨勢。LINAPS 雖具備符合高規格之軍用環境測試標準、使用先進雷射陀螺儀、運用多重感測器整合技術、具備彈道計算與彈藥管理功能、適合空中吊掛與空運使用、可發射精準導引彈藥等特點，惟系統附加之 C/A 碼 GPS 精度等級受限、價格昂貴投資困難與精度不足等弱點，仍不容忽視。
- 四、基於現代戰場上，間接火力支援仍被公認極具破壞效果，致對任何國家之作戰需求而言，現代化砲兵系統誠屬極為重要之軍備。國軍為因應現代化戰場需求，現有 105 公厘輕榴砲勢必朝向性能提升或換裝，未來規劃火炮可參考配備如同 LINAPS 功能般之「自動射控系統」，將可增進火炮自動化條件，達成火力支援任務。

關鍵詞：雷射慣性砲兵指示系統、L118 式 105 公厘輕榴砲

壹、前言

空降部隊屬「快速部署部隊」(Rapid Deployment Forces, RDF)之一，為確保高度機動性，達到快速部署之目標，各火炮系統製造商皆針對需求，朝向輕量化、長射程、高射速、高殺傷力與可空運之方向發展。而傳統履帶自走砲，

則因過重影響機動性，大幅削減運用效能。¹

2001 年第二次波灣戰爭期間，英國陸軍砲兵編制之 L118 式 105 公厘輕榴砲，由於配備「雷射慣性砲兵指示系統」(Laser Inertial Artillery Pointing System, LINAPS)，於伊拉克發揮極大功效，圓滿達成火力支援任務。LINAPS 系統獨立自足 (self-contained)，安裝後提供火炮高精度之定位、定向與射擊諸元，增加快速反應能力與全天候部署能力，並可執行導航、定位與武器管理工作，²堪稱牽引砲「自動射控系統」(Automated Fire Control System, AFCS)。基於牽引砲配備「慣性導航系統」實屬罕見，其戰場表現亦有目共睹，特將 LINAPS 相關資料整理研究，提供國軍未來規劃與研發參考。

貳、系統重要諸元與特性

「賽雷斯感測與空用系統」(Selex Sensors and Airborne System，簡稱 Selex' EO) 公司 (合併「英國航太系統」-BAE 與「菲麥嘉尼嘉、伽利略航太公司」-Finmeccanica's Galileo Avionica) 取得「英國輕砲性能提升計畫」(UK MoD Light Gun Capability Enhancement Programme, CEP) 之研發資格，針對英國皇家砲兵增大 L118 式 105 公厘輕榴砲作戰效能之需求研製「雷射慣性砲兵指示系統」(LINAPS)。1999 年 1 月開始納入英國皇家陸軍 L118 式 105 公厘輕榴砲之標準配備 (如圖一)，至 2001 年 7 月安裝完畢。在特里克 (Telic) 作戰時，LINAPS 部署於英國皇家陸軍 29 突擊團與第 7 (傘兵) 皇家騎兵砲兵團。

圖一 配備 LINAPS 之英國皇家陸軍 L118 式 105 公厘輕榴砲



資料來源：“Additional orders for Selex' EO / LINAPS” <http://10.22.155.9/intraspex/CACHE/00058176/p1455637>，p4>〈檢索日期：2014 年 1 月 6 日〉

¹ Isaak Zulkarnen, 〈快速部署部隊的火砲系統〉《國防譯粹》(臺北)，第 28 卷第 12 期，國防部史編局，民國 90 年 12 月，頁 9。

² “LINAPS Artillery Pointing System”，(United Kingdom: SELEX Sensors and Airborne System Ltd, 2005)，p1。

LINAPS 系統內之「慣性導航系統」(Inertial Navigation System, INS) 與「全球定位系統」(Global Positioning System, GPS)，可直接測量砲位、射向方位角與射角等數位資料，以利火炮快速、精準指向目標，亦具備導航與武器管理功能，可迅速機動與執行射擊任務，提供砲兵極大作戰優勢。系統重要諸元與特性（包括基本特性、武器管理能力與特殊效益等）分述如後：

一、重要諸元：

區分為定位（座標、標高）、方位、側傾與俯仰角與校準時間等項目（表一）。

表一 LINAPS 系統重要諸元

重要諸元		系統名稱	雷射慣性砲兵指示系統 (LINAPS)	備考
項目				
座標		INS/GPS 模式	10 公尺 (CEP)	
		INS/ 里程計模式	15 公尺或行駛距離之 0.15%	
標高		INS/GPS 模式	10 公尺 (PE)	
		INS/ 里程計模式	行駛距離之 0.1%	
方位角			<1 密位 (RMS)	
兩輪側傾角與俯仰角			<0.5 密位 (RMS)	
校準 時間	靜止		10 分鐘	
	運	INS/GPS 模式	開機後 90 秒	
	動	GPS 可用時	全部執行完畢約 10 分鐘	

資料來源：作者自製

二、系統特性：

區分基本特性、武器管理能力與特殊效益三部分。

（一）基本特性：

1. 無需測量火炮砲位：

安裝 LINAPS 之火砲放列後，可直接測量砲位（座標、標高與射向方位角），因此英國皇家陸軍砲兵團之 L118 式 105 公厘輕榴砲部隊並無測地編組，可精簡測地裝備與員額。³

2. 無需設置瞄準標竿或選定遠方瞄準點：

伊拉克作戰時，經常由於砲口爆震風或沙塵暴遮蔽英軍火炮使用之「傳

³ “More capability for LINAPS”, <http://janes.mil.tw/intraspec.dll?Disply Result&NumHits=1000&SearchPara…….p1> < 檢索日期：2014 年 1 月 6 日 > .

統度盤式瞄準鏡」(Conventional dial sight)，射擊任務僅能交由 L118 式 105 公厘輕榴砲執行。作戰期間共計射擊超過 10,000 發彈藥，且從未接獲故障回報。⁴

3. 可迅速完成射擊準備：

伊拉克作戰期間，安裝 LINAPS 之 L118 式 105 公厘輕榴砲由直升機載運，即使在沙塵暴中亦可於 2 分鐘內迅速變換射擊陣地，⁵並完成射擊準備。

4. 提升射擊精度與改進複雜操作程序：

2002 年 2 月實施 10 天可靠性驗證中，英軍四門參加測試的火砲每砲射擊三天，射擊總數超過 1,560 發，其中 900 發為強裝藥，系統射擊操作能力與火砲射擊精度均通過驗證。⁶

5. 有利於放列、隱蔽與日、夜間運用：

LINAPS 提供 L118 式 105 公厘輕榴砲定位、射向方位角與射角等數位資料，火砲可迅速、疏散放列於有利地形，不論任何天候「瞄準手顯示與控制單元」(LDCU)皆可執行彈道計算與射擊控制。

6. 僅需實施最小限之訓練，即可操作：

安裝 LINAPS 之 L118 式 105 公厘輕榴砲可支援自動化單砲操作與免除「傳統覘視系統」(Conventional sighting system，即瞄準鏡或週視鏡)，故減少單砲操作訓練時間約 30%，英國 103 砲兵團（駐防於蘇格蘭，蘭開夏郡）的志願兵僅需四天即可完成換裝訓練。⁷

(二) 武器管理能力：

1. 可執行「北大西洋公約組織」(NATO) 制式火砲與其他火砲之彈道計算。

2. 可利用彈道特性實施精確直接瞄準射擊。

3. 可相容與控制火砲所配備之其他感測器（如砲口初速雷達、雷射測距儀等）。

4. 可依據連結無線電之通信能力決定資料傳輸距離。⁸

(三) 特殊效益：

⁴ “More capability for LINAPS”, <http://janes.mil.tw/intraspx.dll?Disply Result&NumHits=1000&SearchPara...>〈檢索日期：2014 年 1 月 6 日〉

⁵ Rupert Pengelley,〈重新評估火砲的未來角色〉《國防譯粹》(臺北)，第 31 卷第 9 期，國防部史編局，民國 93 年 9 月，頁 86。

⁶ 同註 4，p1。

⁷ 同註 4，p2。

⁸ 同註 2，p1。

1. 不論有無 GPS，皆可持續與精確的實施 3D 自我定位。
2. 可持續決定與顯示火砲砲管方位角與射角（仰度）。
3. 不論日、夜間，可於全天候環境下作戰。
4. 可於直升機運送過程中操作。
5. 電力供應模組具備 115 安培/小時之電力，可提供 24 小時持續作業。
6. 具備智慧與靈活的人機介面。⁹

參、組成與功能

LINAPS 包括：慣性導航單元（含 GPS 天線）、瞄準手顯示與控制單元、里程計、電力供應模組與導航顯示器等組成。各組成與功能分述如後：

一、「慣性導航單元」(INU) 與 GPS 接收機：

FIN3110L「慣性導航單元」(INU) 為 LINAPS 提供導航與定位資料(如圖二)，基於針對砲兵需求特別設計之「固裝式」(Strap-down) 雷射陀螺儀，可提供不受干擾的導航信號。

- (一) FIN3110L 型「慣性導航單元」(INU) 以 Selex' E0 所製造之「環狀雷射陀螺儀」(Ring Laser Gyro, RLG) 為基礎，並附加 12 頻道之 GPS 接收天線，可直接提供射向賦予與導航資料。
- (二) INU 具備整合各種（如 GPS、載具里程計等）感測器之能力，經由「卡曼濾波器」(Kalman filter) 混合導航解析，獲得持續與更精確之導航資料。當 INU 使用 GPS 為主要導航模式時，如 GPS 因故無法使用（信號干擾或系統判定其精度不佳時），即可捨棄 GPS，改用里程計資料，俾達到精確「備援導航」之目的。
- (三)「洛克威爾，柯林斯」(Rockwell Collins) 所製造之 12 頻道 P (Y) 碼 GPS 天線 (MPE-1.12.1)，裝置於 FIN3110L「慣性導航單元」(INU) 頂上，僅提供經授權使用者之標準配備。另有 C/A 碼版，可提供其他未經授權之使用者。
- (四) FIN3110L 型「慣性導航單元」(INU) 可提供精確之角度資料，如俯仰角、側傾（兩輪）角與方位角，亦有能力承受火砲射擊震動。經實驗證明，FIN3110L 可適應空中吊掛或空投，且在火砲射擊超過 300G 之爆震強度下，

⁹同註 2，p1。

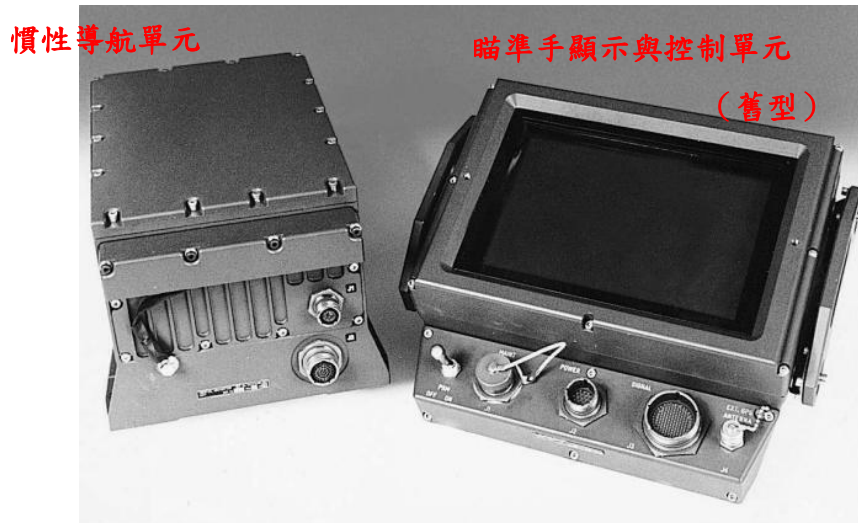
仍可穩定運作。¹⁰

二、瞄準手顯示與控制單元 (LDCU)：

「瞄準手顯示與控制單元」(Layers Display and Control Unit, LDCU) 如同 LINAPS 結構的心臟 (如圖三)，為高性能量產型組合 8.1 英吋觸控、電子冷光人機介面，單一組成即可透過介面針對系統中所有附加感測器之需求，有效率的同步執行彈道計算程序與射擊控制。另一特點則為可透過單元內之微型硬體提供導航與射擊控制能力，以滿足與提供下列重要武器管理功能：

- (一)「北大西洋公約組織」(NATO) 標準火炮與其他火炮之彈道計算。
- (二)精確與迅速射向賦予。
- (三)獨立的「慣性與全球定位系統」(INS/GPS) 導航。
- (四)整合與控制附加於火炮之各種感測器。
- (五)彈性的通信介面。¹¹

圖二「慣性導航單元」(INU) 與舊型「瞄準手顯示與控制單元」(LDCU)



資料來源：“Additional orders for Selex ‘EO / LINAPS’”，<http://10.22.155.9/intraspex/intraspex.dll?StartPage>〈檢索日期：2014 年 1 月 6 日〉

¹⁰同註 2，p2。

¹¹同註 2，p2。

圖三 安裝於 L118 式 105 公厘輕榴砲左砲耳之新型「瞄準手顯示與控制單元」
(LDCU)



資料來源： “ Additional orders for Selex EO / LINAPS ” ，
<http://10.22.155.9/intraspex/CACHE/00058176/p1455637> >〈檢索日期：2014 年 1 月 6 日〉。

三、里程計：

「里程計」(Odometer) 係針對 L118 式 105 公厘輕榴砲砲輪插孔設計，亦可安裝於其他輕型牽引榴砲，目的在提供代表距離之連續脈衝至「慣性導航單元」(INU) 內，俾收斂（抑制）慣性誤差。¹²

四、電力供應模組 (BPM)：

LINAPS 電力由安裝於火炮上之「電力供應模組」(Battery Power Module, BPM) 提供，基於使用「鋰離子」(Lithium ion) 技術，具備 115 安培/小時電力。一組充滿電的 BPM 約可提供 LINAPS 超過 24 小時之持續操作電力，模組內包括主要的直流充電器，可自動選擇使用載具發電機 20 安培充電或內置電瓶之能力，即使火炮操作中仍可充電，充電時間僅需 7 小時。BMP 精確之狀態（包括低電壓警告），可透過上方 5 個 LED 燈與「射向顯示與控制單元」(LDCU) 同時顯示。¹³

五、導航顯示器：

導航顯示器為「商規」(Commercial off the shelf, COTS) 觸控面板，特

¹² 同註 2，p3。

¹³ 同註 2，p2。

別提供 L118 式 105 公厘輕榴砲牽引載具駕駛室內之人員使用，可顯示高性能與多數、分層數位活動地圖之導航資訊。地圖特點如下：

- (一) 高階地形圖像與軍隊符號透明圖。
- (二) 精確地理參考與無接縫之廣域操作。
- (三) 地圖式透明圖，包括：路線、路測點、不可通行區域與指北標幟等資料。
- (四) 可支援美軍資料格式 (CADRG、CIB)。
- (五) 地形透明圖使用 DTED 資料 1-2。¹⁴

肆、運用現況

英國 Selex' EO 所製造之「雷射慣性砲兵指示系統」(LINAPS)，基於提供導航、定位、定向、姿態（側傾角、俯仰角）、彈道計算與彈藥管理等功能取向，以及英軍在伊拉克戰場成功經驗，不僅已部分使用在各型牽引砲與自走砲，亦可安裝於迫砲與多管火箭系統。運用現況分述如下：

一、丹麥：

丹麥防衛部隊與 Selex' EO 公司簽約將 LINAPS 安裝於目前服役之 M119 式 105 公厘輕榴砲，目的在提升火炮達到「獨立自足」，可獨立執行導航、定位、定向、彈道計算與彈藥管理等能力，達成快速行動與精度改良，全部計畫已於 2013 年底完成。¹⁵

二、南非：

DRS 科技公司所生產之新型「瞄準手顯示與控制單元」(LDCU)，不僅擴大顯示面板至 10.4 英吋（原本為 8.1 英吋）並擴充內部功能，南非直接將其取代 Denel 陸地系統之 LDCU。¹⁶

三、英國：

- (一) 英軍現行 L118 式 105 公厘輕榴砲使用之 LINAPS，不僅具備直接射擊之接戰能力，且具備所有彈道計算之能力，達到間接目標接戰。即使客戶另有要求，系統亦可整合其所選擇之彈道諸元。
- (二) 英軍 179 套 AS-90 式（155 公厘/39 倍徑）自走砲之 BAE 系統，目前皆已配備 LINAPS。

¹⁴同註 2，p2。

¹⁵ “Additional orders for Selex ‘EO / LINAPS”，<http://10.22.155.9/intraspex/CACHE/00058176/p1455637,p1>>〈檢索日期：2014 年 1 月 6 日〉

¹⁶ 同註 15，p1。

(三) 英軍與 Selex' E0 公司已簽訂 LDCU 之更新方案合約，將新式 LDCU 送交「防衛支援集團」，安裝於皇家砲兵 L118 式 105 公厘輕榴砲。¹⁷

四、加拿大、印度：

LINAPS 可安裝於 L118 式 105 公厘輕榴砲以外之其他火炮系統，包括加拿大部署在阿富汗之陸軍 BAE (M777 式 155 公厘榴砲) 系統 (如圖四)。印度則針對 145 門 M777 式 155 公厘榴砲之需求簽約安裝 LINAPS，合約至全數 M777 式火炮裝配完畢為止。¹⁸

圖四 安裝 LINAPS 系統之 M777A2 式 155 公厘榴砲



資料來源：“Additional orders for Selex E0 / LINAPS”，<http://10.22.155.9/intraspx/intraspx.dll?StartPage>〈檢索日期：2014 年 1 月 6 日〉

五、泰國、馬來西亞：

泰國 24 門 M119 式 105 公厘輕榴砲之 BAE 系統內，已安裝 LINAPS；馬來西亞 28 門 DLS-G5 式(155 公厘/45 倍徑)牽引砲兵系統，亦已安裝 LINAPS。

¹⁹

六、波蘭：

Selex' E0 公司提供 8 套 FIN 3110「慣性導航系統」(INU) 安裝在波蘭 HSW Krab 型 (155 公厘/52 倍徑) 自走砲之砲兵系統，目前已撥交陸軍 16 部，計畫將安裝於全部 120 門 Krab 自走砲之砲兵系統。²⁰

七、阿拉伯聯合大公國：

¹⁷ 同註 15，p1。

¹⁸ 同註 15，p1、2。

¹⁹ 同註 15，p2。

²⁰ 同註 15，p2、3。

阿拉伯聯合大公國近期透露：計畫將 FIN 3110「慣性導航系統」(INU)安裝於 Jobaria 防衛系統之「多管火箭發射裝置」(MCL)。全部 5 套 FIN 3110「慣性導航系統」(INU)，其中一套安裝於駕駛室連接至「駕駛顯示單元」，包括移動地圖顯示與火箭系統管理電腦，將射控系統提升至電腦化。另外 4 套分別安裝於 4 個發射架執行各別瞄準(如圖五)，使其達到擴大區域涵蓋之目的。

FIN 3110「慣性導航系統」(INU)亦安裝在砲兵裝備，包括 DLS G6 式(155 公厘/45 倍徑)自走砲之砲兵系統、升級 47 門 M109L，並將舊型 122 公厘火箭發射架升級至 Roketsan 122 公厘火箭。

「國際黃金集團」(International Golden Group)證實：阿拉伯聯合大公國將全部 72 套 FIN3110 INU 標準產品，安裝於 Agrab 天蠍座 Mk2 式 122 公厘機動迫砲系統與為數眾多之「前進砲兵觀測載具」。²¹

圖五 FIN 3110 INU 安裝於 Jobaria 防衛系統「多管火箭發射裝置」(MCL)之 4 個 122 公厘火箭發射架彈倉



資料來源：“Additional orders for Selex’ EO / LINAPS”，<http://10.22.155.9/intrasplex/CACHE/00058176/p1455637>，p2>〈檢索日期：2014 年 1 月 6 日〉

伍、分析比較

英軍 L118 式 105 公厘輕榴砲，堪稱當代 105 公厘輕型牽引榴砲極致發展之代表作，亦成為未來發展之必然趨勢。目前包括美軍 M119A3 式 105 公厘輕榴砲(如圖六)在內，全球已有多數國家相繼安裝「雷射慣性砲兵指示系統」(LINAPS)，

²¹ 同註 15，p3。

俾有效提升火砲性能。基於國軍砲兵並無相同等級之牽引砲，目前僅雷霆 2000 多管火箭砲配備「定位定向系統」(SIGMA-30)，特將 LINAPS 與 SIGMA-30 (含其他國、內外已使用之同類型系統) 進行分析比較 (重要諸元比較，如表二)。

表二 LINAPS 與 SIGMA-30 重要諸元比較

重要諸元 項目		雷射慣性砲兵指示系統 (LINAPS)	定位定向系統 (SIGMA-30)	備考
水平座標	<4 (5) 公里	10 公尺 (CEP)	5 公尺 (CEP)	SIGMA-30 諸元為 <5 公里、>5 公里
	>4 (5) 公里	15 公尺 或行駛距離之 0.15%	2 公尺+0.06%×行駛 距離	
標高	INS/里程計	10 公尺 (PE) 行駛距離之 0.1%	2 公尺+0.02%×行駛 距離	
方位角		<1 密位 (RMS)	<1 密位 (RMS)	RMS 為均方根
兩輪側傾與俯仰角		<0.5 密位 (RMS)	<0.5 密位 (RMS)	
校準時間	靜止 (標準)	10 分鐘	5 分鐘	
	運動 (快速)	開機後 90 秒	30 秒	

資料來源：作者自製

圖六 美軍 319 空降砲兵團第 3 營砲手，正將砲彈裝填至新式「全數位」M119A3 式 (105 公厘) 輕榴砲之砲膛內



資料來源：“Additional orders for Selex’ E0 / LINAPS”，
<http://10.22.155.9/intraspx/intraspx.dll?StartPage> > 〈檢索日期：2014 年 1 月 6 日〉

一、特點：

（一）符合高規格之軍用環境測試標準：

LINAPS 配備於 L118 式 105 公厘牽引輕榴砲砲管上方，須直接暴露與承受火砲相同之戰場環境，基於直接面對嚴寒、酷暑、沙層暴、雨水、射擊爆震與空降（投）等狀況下作業，必須具備較雷霆 2000 多管火箭砲發射架下方（或 M109A6 式 155 公厘自走砲砲塔內）更高規格之軍用環境標準，方可確保妥善。LINAPS 曾歷經第二次波灣戰爭考驗，即使沙塵暴中亦可於 2 分鐘內迅速變換射擊陣地，²²證實可符合嚴苛之美軍 MIL-STD-810D 「軍用環境測試標準」。

（二）使用先進雷射陀螺儀：

「慣性導航系統」須具備由基本感測元件「陀螺儀」（Gyros）、「加速儀」（Accelerometers）所組成之「慣性平臺」（穩定參考平臺）與電腦。²³陀螺儀可在慣性空間中維持一固定角度，使慣性平臺保持水平，俾利加速儀測量三軸加速度。而陀螺儀與電腦所產生之信號，除提供慣性平臺之加速儀保持相對於地球表面之水平外，更利於加速儀精確測量載具加速度，並經由電腦將加速度二次積分後，獲得精確之導航（定位、定向、俯仰、側傾角等）資料。

傳統「機械陀螺儀」（如 ULISS-30）係利用一高速旋轉之質量，產生極大之角動量，以感測輸入角速度，故存在瞬間反應不足、維修困難、穩定性低與壽命短之先天限制。LINAPS 與 SIGMA-30 同樣使用「環狀雷射陀螺儀」（Ring Laser Gyro, RLG）為基礎，則以一般相對論觀念，利用兩束在封閉環路中以相反方向進行雷射光波彼此間之頻率差，以獲得角速度之裝置，可符合軍事使用陀螺儀對價格低、穩定性高、瞬間反應快、精度佳、壽命長與「自我包容」（自主性）之需求，²⁴亦可承受火砲射擊超過 300g 之爆震強度。

（三）運用多重感測器整合技術：

LINAPS 與 SIGMA-30 均包括「慣性導航單元」、GPS 接收機天線與砲輪內之「里程計」（Odometer）等感測器，為涵蓋「慣性」、「GPS」與「里程計」等三種感測器之「慣性整合系統」。惟系統仍以慣性為主，藉由「卡

²² 同註 5，頁 86。

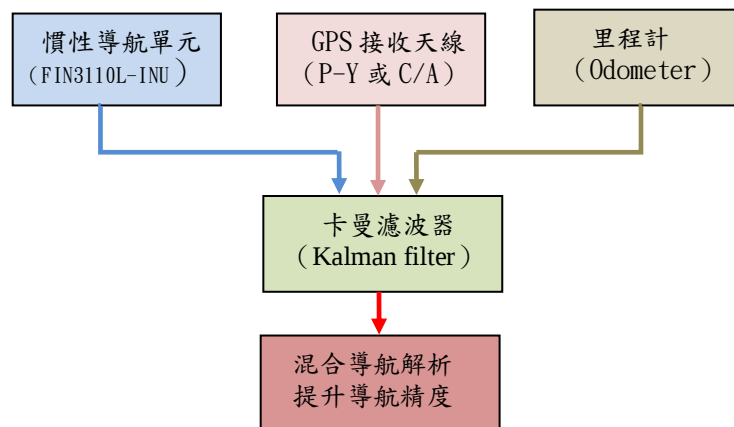
²³ 黃國興，《慣性導航系統原理與應用》，（台北市：全華科技圖書股份有限公司，民國 80 年 6 月），頁 5、9。

²⁴ 同註 5，頁 106、107。

曼濾波器」(Kalman filter) 整合多重感測器之導航資訊與交叉校準，俾提升導航精度（如圖七）。即使 GPS 與（或）里程計失效，慣性系統亦可獨立作業，以確保作業能力。

目前英國 LINAPS 系統使用 P (Y) 碼 GPS 信號，SIGMA-30 則為 C/A 碼 GPS 信號。基於兩種 GPS 信號精度等級、反欺騙能力等相去甚遠，致英國 L118 式 105 公厘輕榴砲部隊無測地編組，國軍雷霆 2000 多管火箭砲兵營則仍編制測量班。

圖七 LINAPS 系統多重感測器整合技術示意



資料來源：作者自製

（四）具備彈道計算與彈藥管理功能：

LINAPS 系統包括「瞄準手顯示與控制單元」(LDCU)，具備最基本之彈道（射擊諸元）計算與彈藥管理功能。除導航（定位、定向）外，亦可計算所有「北大西洋公約組織」標準或其他火砲之射擊諸元與管理彈藥儲存、使用狀況等，實為標準之射控系統。SIGMA-30 則具備「射擊控制器」，功能與 LINAPS 概同，惟僅可計算雷霆 2000 多管火箭砲射擊諸元。

（五）適合空中吊掛與空運使用：

L118 式 105 公厘輕榴砲為達到著陸後迅速實施火力支援之要求，其空運階段「空中運輸平臺」可透過特殊介面將火砲 LINAPS 系統與飛行載具兩者之 GPS 天線鏈結，「慣性導航單元」(INU) 即可於飛航全程獲得 GPS 輔助，一旦著陸即可立即執行射擊任務。SIGMA-30，則無相關資料可供比較。

（六）可發射精準導引彈藥：

現行多數「精準導引彈藥」(PGM) 射擊前須輸入火砲位置資料，致新式火砲已將「慣性導航系統」列為自動化標準配備。L118 式 105 公厘輕榴

砲配備 LINAPS 後，將可發射精準導引彈藥，攻擊運動中之高價值目標。
SIGMA-30 因可實施發射架定位，研判亦具備此項能力。

二、弱點：

（一）C/A 碼 GPS 精度等級受限：

LINAPS 標準配備為「洛克威爾，柯林斯」(Rockwell Collins) 所製造之 12 頻道 P (Y) 碼 GPS 天線 (MPE-1.12.1)，裝置於 FIN3110L「慣性導航單元」(INU) 頂上，僅提供經授權之使用者；包含國軍在內之其他使用者，僅能選配 C/A 碼 GPS (SIGMA-30 同樣配備 C/A 碼之接收機，惟廠牌不詳。)。

GPS 之目的在提供慣性導航單元「初始校準」資料，當慣性導航單元因陀螺「漂移」(Drift) 致精度降低時，²⁵ 亦可利用 GPS 之正確資料進行「位置更新」。惟 P (Y) 與 C/A 碼 GPS 接收機之性能與精度差異甚大，且多數國家均未經美國國防部授权使用 P (Y) 碼。當 C/A 碼 GPS 信號遭受干擾或精度判定不佳時，雖可捨棄不用，惟不符投資效益。P (Y) 與 C/A 碼 GPS 接收機之性能與精度分述如下：

1. P (Y) 碼 GPS 接收機：

GPS 之「精確定位服務」(Precise Positioning Service, PPS) 使用 P (Precision Code) 碼傳送，因 L1、L2 載波均調制 P 碼 (如圖八)，接收機可經由雙頻觀測進行電離層折射改正，因而獲得較高之定位精度 (平均之平面定位與標高精度約 10 公尺)。PPS 專門為提供美國軍方與經過授權使用者所設計，並防止敵方對 GPS 不當使用，以確保美國與其盟國軍方之優勢。

1993 年美國防部「反欺騙」(Anti-Spoofing, A-S) 措施啟用，將 P 碼加密成 Y 碼，目的在防止友軍遭敵方發送之假 GPS 信號所欺騙。因加密方式係使用一種無規律之時間變量，故難以解密。除非接收機裝置「保密鍵」，否則無法解讀加密之 P/Y 碼。

2. C/A 碼 GPS 接收機：

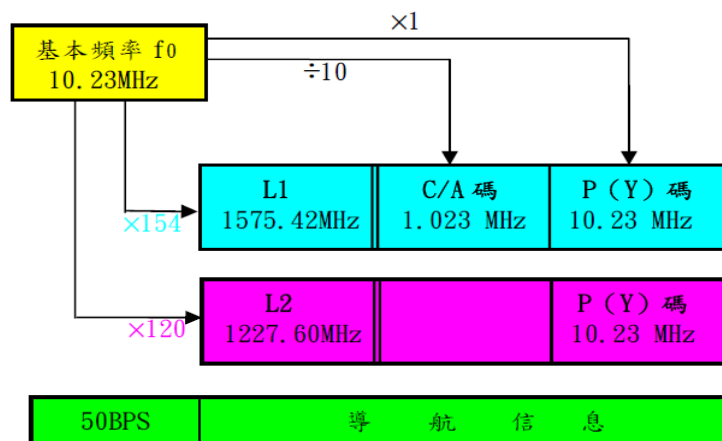
GPS 之「標準定位服務」(Standard Positioning Service, SPS) 可直接免費提供一般民間商業與科學等應用，在 GPS 兩種 (L1、L2) 載波信號中僅由 L1 頻率傳送，任何使用者皆可利用接收機之 C/A 碼

²⁵ 同註 23，頁 62。

(Clear/Acquisition Code) 進入，取得定位相關數據。由於近期發射之導航衛星中，皆附有使信號失真之電子干擾，致 C/A 碼接收機獲得偏離實際位置之資訊。²⁶

- (1) 1990 年 3 月美國防部為確保精確、即時之 GPS 數據僅能使用於經過核准之用戶，開始啟用「選擇使用性」(Selective Availability, SA)，在衛星發射軌道與時間資料中加入些許誤差，企圖藉此降低 SPS 之精度，經過 SA 處理過之資訊，可使 SPS 其 95% 的精度重返 100 公尺範圍，高度、速度與時間劣化至 150 公尺、0.3 公尺/秒與 50 奈秒 (ns)，亦強調從國家安全利益出發，軍方保持隨時施加 SA 之權利。²⁷
- (2) 2000 年 5 月美國總統柯林頓下令關閉 SA，使 SPS 定位精度通常優於 10 公尺。惟保守估計，在「95 % 的圓形公算偏差」(95%，CEP) 平面定位精度約為 22 公尺，標高精度則為 33 公尺。²⁸

圖八 GPS 衛星信號示意



資料來源：陳文豐，〈全球定位系統之單點定位〉《測量學術發表會專輯》（臺中市），第 30 輯，民國 91 年 9 月，頁 150。

（二）價格昂貴投資困難：

LINAPS 屬「慣性導航系統」，因技術門檻過高，結構複雜，致具備製造能力之廠商屈指可數，即使位居火砲附件，售價仍高達 20 至 30 萬美元，幾乎等同於一門 L118 式 105 公厘輕榴砲之價格。如與雷霆 2000 多管火箭砲(或 M109A6 式自走砲單價約 300 萬美金)比較，兩者不僅任務不同，

²⁶ 許國楨，〈GPS—現代武器系統作戰效能倍增器〉《現代軍事》（香港），現代軍事雜誌社，1994 年 6 月，頁 21。

²⁷ 同註 6，頁 21-23。

²⁸ 陳文豐，〈全球定位系統之單點定位〉《測量學術發表會專輯》（臺中），第 30 輯，民國 91 年 9 月，頁 155。

且火炮與附件之價格比例差距甚大，其投資接受度存疑。

另鑑於全球經濟已歷經長期不景氣，目前即使已有復甦跡象，惟力道微弱，各國在軍備預算相對緊縮之際，莫不採取以「最低預算，創造最高效益」之策略。基此，「價格」成為軍備投資之首要考量，除非財力雄厚且作戰需求迫切之國家，否則對 105 公厘輕榴砲配備 LINAPS 之投資意願與能力堪虞。

(三) 精度較美軍軍用標準低：

美軍對導航(定位、定向)系統曾訂頒「軍用標準特殊需求」(MIL-D-70789A)，²⁹就 LINAPS 與「軍用標準特殊需求」兩者對照（美軍軍用標準與 LINAPS 比較，如表三），可發現標高、兩輪傾角與仰角等項目相差較大，單就蒐集資料數據分析，LINAPS 部分性能恐不符美軍軍用標準。

表三 美軍軍用標準與 LINAPS 性能比較

重要諸元 系統名稱 項次		美軍軍用標準 (MIL-D-70789A)	雷射慣性砲兵指 示系統 (LINAPS)	測 試 狀 態
水 平 座 標	<4 公里	10 公尺 (CEP)	10 公尺 (CPE)	里程計輔助
	>4 公里	行駛距離之 0.25%	15 公尺 (CPE) 或 行駛距離之 0.15%	
標 高	<10 公里	6.7 公尺 (PE)	10 公尺 (PE)	里程計輔助
	>10 公里	行駛距離之 0.067%	行駛距離之 0.1%	
方位角測量		0.97 密位 (PE)	<1 密位 (RMS)	南、北緯 65 度之間
兩輪傾角與仰角		0.34 密位 (PE)	<0.5 密位 (RMS)	
新 增 指 定 需 求	水 平 座 標	18 公尺 (CPE)	10 公尺	不實施零速更新 行駛距離<27 公里
			行駛距離之 0.15%	里程計輔助與 10 分鐘零速更新
	標 高	10 公尺 (CPE)	10 公尺	不實施零速更新 行駛距離<35 公里
			行駛距離之 0.1%	里程計輔助與 10 分鐘零速更新

資料來源：作者自製

²⁹ “H-726 Modular Azimuth Position System Technical Description” (U,S: Military Avionics Guidance and Navigation Operation Clearwater, FL, 12/1992), P2-6。

陸、結語

在現代戰場上，間接火力支援仍被公認極具破壞效果，因此對任何國家之作戰需求而言，現代化砲兵系統誠屬極為重要之軍備。各火砲系統製造商刻正大量投資砲兵技術發展，以期提高殺傷力、射程、射速與精準度。³⁰英軍配備「雷射慣性砲兵指示系統」(LINAPS)之 L118 式 105 公厘輕榴砲，即為當代極致發展之代表作，且經過第二次波灣戰爭考驗。

國軍目前編制之 M101A1 式 105 公厘榴砲，為第二次世界大戰之產物，為因應現代化戰場需求，勢必朝向性能提升或換裝新式火砲，未來規劃火砲可參考配備如同 LINAPS 功能般之「自動射控系統」(Automated Fire Control System, AFCS)，將可增進火砲自動化條件，達成防衛作戰火力支援任務。

參考文獻

- 一、Isaak Zulkarnen,〈快速部署部隊的火砲系統〉《國防譯粹》(臺北)，第 28 卷第 12 期，國防部史編局，民國 90 年 12 月。
- 二、“LINAPS Artillery Pointing System”，(United Kingdom: SELEX Sensors and Airborne System Ltd, 2005)。
- 三、“More capability for LINAPS”，<http://janes.mil.tw/intraspec.dll?Disply Result&NumHits=1000&SearchPara>>〈檢索日期：2014 年 1 月 6 日〉。
- 四、Rupert Pengelley,〈重新評估火砲的未來角色〉《國防譯粹》(臺北)，第 31 卷第 9 期，國防部史編局，民國 93 年 9 月。
- 五、“Additional orders for Selex EO / LINAPS”，<http://10.22.155.9/intraspec/CACHE/00058176/pl455637>>〈檢索日期：2014 年 1 月 6 日〉。
- 六、黃國興，《慣性導航系統原理與應用》，(台北市：全華科技圖書股份有限公司，民國 80 年 6 月)。
- 七、陳文豐，〈全球定位系統之單點定位〉《測量學術發表會專輯》(臺中)，第 30 輯，民國 91 年 9 月。
- 八、許國楨，〈GPS—現代武器系統作戰效能倍增器〉《現代軍事》(香港)，現代軍事雜誌社，1994 年 6 月。

³⁰同註 1，頁 15。

九、“H-726 Modular Azimuth Position System Technical Description”(U,S : Military Avionics Guidance and Navigation Operation Clearwater, FL, 12/1992)。

作者簡介

耿國慶老師，陸軍官校正 46 期（66 年班）畢業，經歷排長、測量官、連、營長、主任教官，民國 86 年退伍，現任職於砲訓部目標獲得組。