

砲兵射擊圖結合全球定位系統 GPS 運用之研析

作者：朱慶貴 備役中校

提要

- 一、砲兵傳統人工作業射擊指揮的方式已不能滿足砲兵作戰指揮的需要，射擊指揮複雜計算模式可由電腦執行，所以應研擬如何運用射擊指揮資訊化系統，突破現行傳統作業模式，於最短的時限內獲得最大射擊速度及精度。
- 二、射擊圖乃一份地圖、方格紙或白紙上，繪有各連陣地、檢驗點、目標、觀測所及雷達站等位置，以及其他在準備射擊諸元時，所需各項資料。
- 三、全球定位系統(GPS)衛星提供不同之觀測量，其中以電碼距離為觀測量來定位，應用於導航定位即時定位方面，係以單獨一個觀測站（測站）接收信號而得定位結果，謂之為單點定位。
- 四、鑑於 GPS 之運用確實存在「受制於人」、信號易受干擾與精度不佳等弱點，警惕國軍砲兵在運用時，絕不可心存僥倖與過分依賴。測地作業仍須以自主性高、精度佳之「定位定向系統」為主，傳統測量為輔，GPS 僅限於運用應急射擊圖。

關鍵詞：數據輸入器、技術射擊指揮儀、射令顯示器、全球定位系統 GPS(Global Position System)、目標方眼射擊法、等量反向平移原理

前言

砲兵在直接支援或配屬於受支援部隊作戰時，如已完成測地成果，即可依測地成果調製測地射擊圖實施射擊指揮作業；然於應急作戰時，砲兵則需迅速占領陣地發揚火力，以支援受支援部隊之戰鬥。因此在無測地成果狀況下，僅能以調製最初射擊圖求取對目標射擊諸元，然精度差且火力不能行營集中射擊，無法因應作戰要求，迅速、集中火力，遂行火力支援任務。

因最初射擊圖僅能供連(排)射擊使用，需當精密檢驗完成後，以檢驗所獲之成果調製營觀測射擊圖或混合觀測射擊圖，以指揮全營實施營集中射擊，當測地完成後即應使用測地成果調製測地射擊圖，並將觀測射擊圖上之所有資料迅速轉移至測地射擊圖上，增加射擊指揮作業精度。前述傳統人工作業射擊指揮的方式，已遠遠不能滿足砲兵作戰指揮的需求，必須藉科技裝備電腦運算模式，執行射擊指揮任務，所以應研擬如何運用射擊指揮資訊化系統，突破現行傳統作業模式，於最短的時限內獲得最大射擊速度與精度。

全球衛星定位系統 GPS 是未來戰場上的利器，¹本軍射擊指揮資訊化系統已有配賦此項裝備，有了它，指揮官不但能克服在陌生環境下作戰的困難，更可以提升砲兵火力的精度與速度。本研究說明現行砲兵射擊圖作業方式，藉射擊指揮資訊化系統及全球定位系統，如何提升射擊圖作業方法與精度，以增進我砲兵火力支援效能。

射擊圖簡介

射擊圖乃一份地圖、方格紙或白紙上，繪有各連陣地、檢驗點、目標、觀測所及雷達站等位置，以及其他在準備射擊諸元時，所需各項資料。²其使用目的，在決定火砲所用射擊諸元，其射擊效果之良窳，端賴射擊圖作業之精度與完整，射擊圖之種類有兩種，測地射擊圖及觀測射擊圖，以下分別說明：

一、測地射擊圖

測量班完成測地後，將測地成果送交營、連、排射擊指揮所，作圖手依據測地成果，調製測地射擊圖，供爾後射擊任務使用。測地射擊圖調製與運用所需之測地成果，包含方向基線方位角、方向基角、砲檢方位角與陣地、檢驗點、觀測所、雷達站之座標及標高等。

二、觀測射擊圖

(一)最初射擊圖：砲兵排(連)在急迫狀況下迅速占領陣地時，如無適當測地成果利用時，排(連)長可在地圖上依據陣地至目標區域中央，量取概略射向方位角與估計距離，作圖手依此諸元，即可調製最初射擊圖及決定初發彈著位置。

(二)營觀測射擊圖：在測地未完成前，營射擊指揮所依各排(連)對同一檢驗點實施檢驗後，即可依檢驗成果自檢驗點用極座標法，反定各排(連)陣地位置，調製營觀測射擊圖，指揮全營實施集中射擊，直到有測地成果可供使用，調製測地射擊圖。

(三)混合觀測射擊圖：運用一個排(連)精密檢驗成果，及陣地測地成果，調製混合觀測射擊圖，即可在無測地成果狀況下，遂行營集中射擊。

全球定位系統 GPS 架構與功能簡介

目前國軍觀測所使用全球定位系統 GPS (如圖一) 及射擊指揮所使用 M230

¹ 耿國慶，〈淺談運用 GPS 接收機實施砲兵測地〉《砲兵季刊》(臺南)，第 141 期，陸軍砲訓部，民 97 年第 2 季，頁 1。

² 《野戰砲兵射擊訓練教範》(桃園：國防部陸軍司令部，民國 95 年 5 月 30 日)，頁 5-1。

技術射擊指揮儀內建之「輕型 GPS 接收機」(如圖二)，即屬單點定位裝備。³係以單獨一個觀測站(測站)接收信號而得定位結果，稱之為單點定位。其單點定位一般可優於 10 公尺，惟經由實際之衛星追蹤站觀測資料計算可知，即使設置於對空通視良好，遠離其他電磁波且近距離內無反射體之衛星接收站 4 顆衛星信號，另可計算標高。其單點定位誤差仍會出現大於 30 公尺或甚至 115 公尺之大誤差。⁴我國僅能接收 GPS 定位衛星之商用碼，定位誤差約為 100 公尺，在戰時定位誤差亦可能再被放大或遭中共干擾，故在武器系統之導引功能設計方面，GPS 僅能做為定位輔助裝備，主要仍需依賴慣性導航系統或雷射、光學導引。GPS 系統架構主要包括衛星、控制與使用者等 3 部分，如圖三。

圖一 全球定位系統 GPS 圖二 輕型 GPS 接收機 圖三 GPS 系統架構示意



資料來源:圖一、二為作者自攝；圖三引用陳國華，〈GPS 全球定位系統〉《國立台北大學不動產與城鄉環境學系教學投影片》。

一、衛星部分

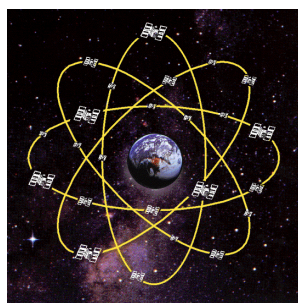
GPS 系統係由 27 顆衛星組成，其中 24 顆為工作衛星，3 顆為備用衛星。平均分布在距地面高度約 20200 公里之六個軌道面上，每個軌道面互成 55 度角，每顆衛星在軌道上之運行周期為 11 時 58 分(如圖四)。此設計可使地球上任何地點、任何時間至少都能同時收到 4 顆衛星之直射信號，有時可能同時出現 4 至 7 顆衛星運行於觀測者的地平面上，使用者可選擇其中 4 顆衛星接收定位信號，俾獲得最精確之導航資料。⁵

³陳文豐，《全球定位系統之單點定位》(台中市：測量學術發表會專輯第 30 輯，民國 91 年 9 月)，頁 150。

⁴同註 3，頁 158。

⁵曾清涼、儲慶美著，《GPS 衛星測量原理與運用》(臺南市：成功大學衛星資訊研究中心，民國 88 年 3 月)，頁 2-2。

圖四 GPS 衛星示意圖



資料來源：陳國華，〈GPS 全球定位系統〉《國立台北大學不動產與城鄉環境學系教學投影片》。

二、控制部分

依工作性質 GPS 系統區分下列三種控制站：

（一）監測站（Monitor Station）：目前在阿拉斯加、關島、夏威夷與加州范登堡設有四個監測站，當衛星進入其測量範圍時，各站將觀測該衛星之運行位置與時間，並進行追蹤直至衛星脫離視線為止。

（二）主控站（Master Control Station）：設於加州范登堡空軍基地，係將各監測站所測得衛星（與各站）之距離資料，蒐集並轉換成新導航信號，再傳送至地面控制站。

（三）地面控制站（Ground Control Station）：附設於主控站內，將來自於主控站之導航信號，以每日為基準，向太空發射輸入各衛星之記憶單元。主要目的在使各衛星「運行位置之推算」與「計時誤差」保持在精度範圍內，即使資料無法上傳，系統仍能維持數日正常操作。

三、使用者部分

典型的 GPS 使用者裝備由天線、接收器、計算器（處理器）、輸入與輸出裝備等。⁶

應急射擊圖傳統與 GPS 作業方法比較

一、陣地佔領作業程序

（一）傳統作業程序：砲兵連（排）在直接支援或配屬於掩護部隊作戰時，在緊急狀況下占領陣地時，通常利用地圖與現地對照，行概略偵察後，依目標區域中央或作戰區目標，至砲兵連（排）之關係位置，連（排）長利用 1/50000 地圖，以目標方眼紙與直梯尺量取概略射向與估計距離，陣地以方位角法賦予射向，射擊指揮所以 1/25000 方格紙調製最初射擊圖，執行射擊指揮。

⁶ 耿國慶，〈淺談運用 GPS 接收機實施砲兵測地〉《砲兵季刊》（臺南），第 141 期，陸軍砲訓部，民國 97 年第 2 季，頁 3。

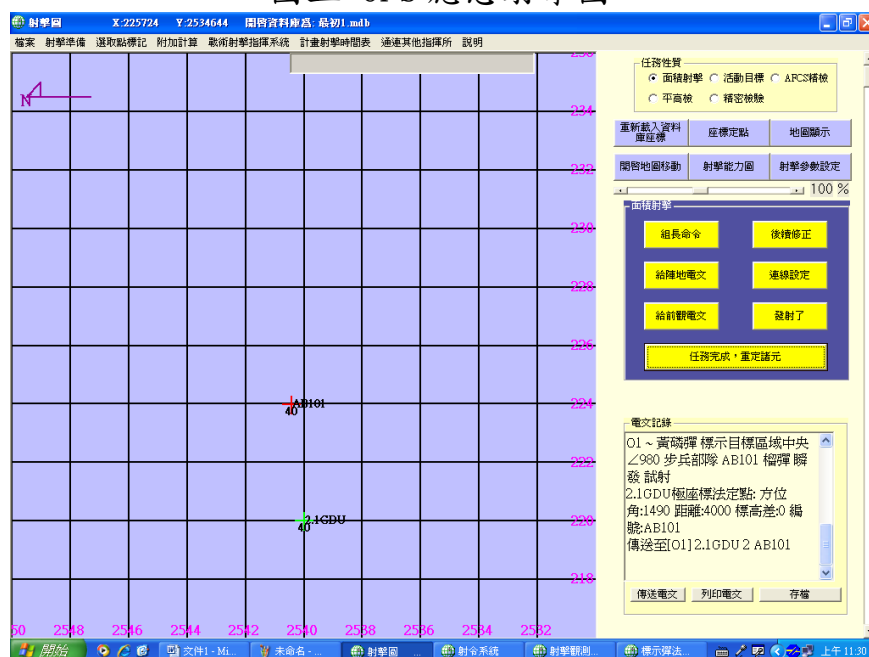
(二)射擊指揮資訊化系統作業模式：在有 GPS 狀況下，當觀測官發現目標時，利用 GPS 定位目前所在位置，使用雷觀機標定目標方位角、距離、高低角，傳送至射擊指揮所。砲兵連（排）長於陣地偵察時，利用射擊指揮儀內建 GPS 功能定位陣地中心位置，再利用系統計算概略射向方位角，同時通知陣地以方位角法賦予射向，射擊指揮所並以射擊指揮儀建置「GPS 應急射擊圖」，如圖五。

(三)分析比較（如表一）

1. 傳統作業：(1)傳統作業模式利用方眼紙於 1/50000 地圖量取概略射向，而射擊圖則為 1/25000 比例尺，兩圖之間比例尺不同，產生了定位誤差。(2)運用方眼紙量取射向方位角，僅量取 10 密位以上之方位角。

2. 資訊化系統作業：觀測所及砲陣地運用 GPS 定位後，藉由觀測所雷觀機標定目標回傳射擊指揮所，則三者關係位置確立，再利用系統計算砲目方位角、距離，並通知陣地以方位角法賦予射向。

圖五 GPS 應急射擊圖



資料來源：作者拍攝操作畫面

表一 分析比較表

區分	使用裝備	砲目方位角	砲目距離
傳統作業	地圖、方眼紙、直梯尺	僅能量 10 密位整數	僅能量取 10 公尺
資訊化系統作業	全球定位系統 (GPS)	可測算 1 密位以內	可測算 1 公尺以內

資料來源：作者自製

3. 缺失比較

(1) 器材誤差

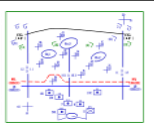
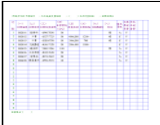
A. 扇形尺、射表計算尺、插針、座標梯尺等作圖器材，其距離判讀至 10 公尺整數，運用資訊化作業量取其距離可判讀至 1 公尺以內，而仰度換算由電腦自動運用內建射表資料庫計算無誤差。

B. 射向方位角藉由方眼紙(最小刻劃為 10 密位)判讀為 10 密位方位角，運用資訊化作業量取方位角可判讀至 1 密位以內。

(2) 人為作業誤差：同一定點諸元，不同人作圖因視距及經驗所量取之圖上諸元不論其方向、方位、距離均有不同而誤差自然形成。

(3) 耗費時間：以往砲兵火力計畫人工傳統作業需時 2 小時，採用資訊化作業後僅需 45 秒即可完成(如附表二)。

表二 計畫火力作業程序比較表

區分	計畫火力作業程序				所需時間	比較結果
人工傳統作業	 調製目標編組圖	 調製目標說明表	 調製射擊任務次數表	 調製射擊時間表	2 小時	效率低易誤差
自動化作業	 高價值目標表  有利目標表	 目標說明表	 計畫目標表	 射擊時間表	45 秒	效率高精度佳

資料來源：《砲兵射擊指揮自動化系統》簡報資料

二、觀測官觀測作業

(一) 傳統觀測官射擊要求及射彈修正：觀測員射擊要求現行準則律定其格式為「觀測員番號、射擊預告、目標位置、目標說明、攻擊方法及控制法」，其中目標位置又分四種指示法，為標示彈法、座標指示法、極座標法、已知點轉移法，在應急作戰時觀測官使用標示彈法下達射擊要求，主要使觀測員容易觀測及避免炸點混淆，其口令如下：「黃磷彈標示目標區域中央，方位角 XXXX，敵步兵，要求試射」，因最初射擊圖中並無觀測官位置，所以射彈修正使用目標方

眼射擊法，在現行目標方眼射擊法，觀測官依射彈偏差密位換算偏差公尺數，距離則為 ± 400 公尺開始夾差，人工作業速度慢、精度差，且觀測官需熟悉地面觀測程序與射彈修正要領，未經過一段時間的訓練與經驗累積，觀測官很難勝任。

(二)資訊化系統(數據輸入器加GPS)射彈修正作業：使用資訊化系統，觀測官僅需使用雷觀機標定彈著點，回報觀彈諸元方位角、距離、高低角，系統利用等量反向平移原理，可計算出射彈修正後之射擊諸元，速度快、精度佳，分析比較表如表三。

表三 觀測官傳統及資訊化作業分析比較表

區分	射擊要求	射彈修正	觀測官作業
傳統作業	WP 標示目標區中央，敵集結部隊，試	依射彈偏差密位換算偏差公尺數，距離為 ± 400 公尺開始夾差，人工作業速度慢、精度差	需熟悉地面觀測程序與射彈修正要領
資訊化作業	WP 標示目標區中央，觀目方位角，距離，高低角，敵集結部隊敵，試	回報觀彈諸元方位角、距離、高低角，系統利用等量反向平移原理，計算出射擊諸元，速度快、精度佳	使用雷觀機標定彈著點，及數據輸入器計算

資料來源：作者自製

G P S 結合資訊化系統精進作為

一、運用 GPS 消除觀測射擊圖誤差

觀測射擊圖之所以不精確，除前述運用方眼紙量取概略射向方位角，對各火砲實施射向賦予時就已經產生，一直到觀測射擊圖轉測地射擊圖，不正確的高低影響定點距離，這都是觀測射擊圖精度欠佳的原因，而運用 GPS 作業，從最初射擊圖觀測所及陣地相對位置確立，觀測官利用雷觀機標定目標，利用系統量取概略射向方位角執行射向賦予，就已經比方眼紙來的精確，加上雷觀機標定目標時也會回報高低角，如此也能反推目標標高而求出射擊時較精確高低，方可提高射擊圖精度，強化火砲射擊效能。

二、GPS 系統干擾環境下作業方式

若在 GPS 干擾環境下，則射向賦予作業仍然維持現行作法，由砲兵連（排長）使用方眼紙於地圖上量取，砲陣地再依方位角法賦予射向；射擊指揮所利用資訊化調製最初射擊圖指揮射擊，觀測官射擊要求維持使用標示彈法，射擊指揮所射彈修正作業使用目標方眼射擊法，待任務完成重定目標於射擊圖上時，通知觀測官回報觀目方位角、距離、高低角，反定觀測所位置，即可實施檢驗射擊，求取修正量，其後續作業仍維持現行作法；惟運用資訊化系統調製射擊圖指揮射擊，能消除器材及人工作業上之誤差，數據傳輸射擊諸元取代語音傳送，大幅精減砲兵技術作業流程時間。

三、增加資訊化系統軟體功能

觀測射擊圖不精確最主要的原因，為所定各點均包含有不正確之高低，以致影響各位置的距離不正確。因為其他關係產生之錯誤很小，而由不正確之高低產生誤差則很大，高低越正確，則觀測射擊圖之精度越接近測地射擊圖，當測地完成後即使用測地成果調製測地射擊圖，並將觀測射擊圖上所有資料（修正量及目標）迅速轉移至測地射擊圖上，繼續指揮射擊。傳統作業步驟要領如下：（一）裝定射表計算尺裝定值；（二）劃方向指標；（三）調製方向修正尺；（四）目標轉移。

上述作業要領資訊化系統皆可完成，惟目標轉移作業可利用觀測官所報告與爾後有測地成果目標（檢驗點）標高關係求算，再利用雷觀機標定距離及高低角求出標高差亦可求出目標標高。因目前資訊化系統仍不具備內建三維地圖，故在此提出建議增加三維圖資軟體，應將目標轉移作業步驟簡單化，節省轉移作業時間，及避免人為計算錯誤，加快火力支援速度。

四、射令顯示器功能提升

目前射令顯示器僅配發至各連、排陣地（發令所），而發令所仍然需要藉由語音將射擊諸元下達至各砲，如實施特別修正或計畫性彈幕射擊時，各砲射擊諸元不同則需各別下達，將影響火力支援速度及射擊效果，故在此建議除將射令顯示器硬體規格朝體積小、質量輕、功能強等方面提升外，並設置射令顯示器至火砲砲長顯示器數據鏈路，同時修正技術射擊指揮儀軟體，如此能將射擊諸元傳送至各砲，除可強化火力支援效能外，更能提升單砲陣地佔領靈活性與安全性，達到全自動化數據傳輸作業。

五、雷觀機性能提升

資訊化作業砲兵觀測所均須仰賴雷觀機，且直接影響射擊精度，但現行裝

備老舊且雷觀機定向仍採用傳統磁針歸北，易受磁偏影響及高壓電、金屬物體等外界干擾，不但費時且定向後精度不佳也不具備夜視功能，所以需要籌獲「多功能夜視雷觀機」遂行觀測，使戰場情資全時化，並提升觀測人員日夜間目標獲得與射彈修正能力，增進砲兵整體戰力。

GPS 應急射擊圖作業應考慮事項

基於GPS之運用實施單點定位，在我砲兵基地測驗，應急階段射擊圖已使用，其GPS接收定位，確實存在信號干擾、欺騙、遮蔽、精度不穩定與無法定向之弱點，以及「受制於人」之隱憂。警惕我砲兵在規劃與運用時，絕不可過分依賴，並應考慮以下幾點事項：

一、反遮蔽

現行砲兵使用為 GARMIN GPS 接收機，其可接收 12 顆衛星訊號，當開機時即可顯示接受衛星訊號數量，通常最佳仰角設定為 10 度，為發現接收衛星數不足 4 顆時，應將設定切換至 0 度，待衛星獲得後，再切換至仰角 5 度之正常操作狀態或將 GPS 移至較適當之位置。⁷

二、設置慣性導航系統

GPS 基於諸多便利性致運用日趨廣泛，惟作為資源條件之衛星、地面控制站與各類型接收機，皆受限於美國之管理與控制，且敵方亦可能實施干擾，故利用 GPS 與慣性導航系統（定位定向系統）兩者之「互補性」，當 GPS 信號良好時，可更新整合系統之慣性資料；如 GPS 信號遭受干擾或衛星接收數低於 4 顆時，慣性導航系統仍可依據記憶或慣性資料執行任務（如國軍砲兵使用之 SPAN-7 與雷霆 2000 火箭砲之 SIGMA-30）。⁸

三、定位與方位角決定

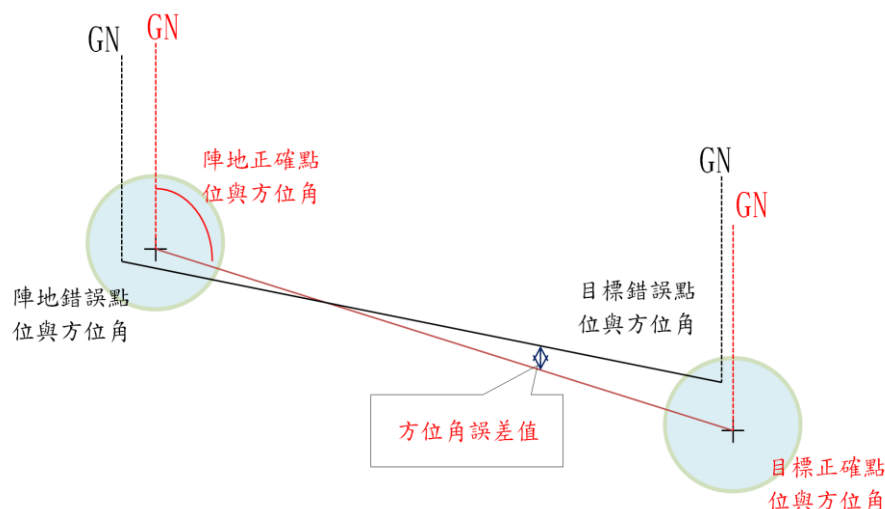
基於 GPS 定位所得之點位座標，已存在若干誤差，如以兩點座標方式計算方位，將產生不正確之結果（如圖六）。依據美國砲校射擊組測地小組 2003 年之觀察報告，證實 PLGR 精確輕型 GPS 接收機，決定之方位甚難達到穩定狀態，其誤差範圍通常在 0.7 至 50 密位之間，致美軍絕不允許以 PLGR 決定射向或設置方位，⁹必要時 GPS 資料須配合軍用地圖，對照誤差值並加以修正，因此我現行做法僅限於運用在應急射擊圖。

⁷ 耿國慶《淺談運用 GPS 接收機實施砲兵測地》《砲兵季刊》（臺南），第 141 期，陸軍砲訓部，民國 97 年第 2 季，頁 15。

⁸ 耿國慶《淺談運用 GPS 接收機實施砲兵測地》《砲兵季刊》（臺南），第 141 期，陸軍砲訓部，民國 97 年第 2 季，頁 22。

⁹ 同註釋 6，頁 11。

圖六 GPS 兩點座標方式計算方位誤差示意圖



資料來源: 作者自繪

結論

現代的戰爭完全講求時效，要能完全掌握必須藉助自動化系統，鑑於 GPS 之運用確實存在「受制於人」、信號易受干擾與精度不佳等弱點，警惕國軍砲兵在運用時，絕不可心存僥倖與過分依賴。測地作業仍須以自主性高、精度佳之「定位定向系統」為主，傳統測量為輔，建立測地統制或提供射擊單位符合精度需求之測地成果；當狀況緊急且 GPS 可用時，始可運用 GPS 定位調製 GPS 應急射擊圖，待測地成果獲得後再迅速更新，俾確保射擊精度。因此在我砲兵各項自動化裝備未全面配置完成下，射擊圖調製方法，結合已配賦全球定位系統 GPS 作業，方為是我砲兵應急射擊階段時，提昇射擊圖精度，最直接經濟之良策。

參考文獻

- 一、陳文豐，《全球定位系統之單點定位》（台中：測量學術發表會專輯第30輯，民國91年9月）。
- 二、曾清涼、儲慶美著，《GPS衛星測量原理與運用》（臺南：成功大學衛星資訊研究中心，民國88年3月）。
- 三、耿國慶，〈淺談運用 GPS 接收機實施砲兵測地〉《砲兵季刊》（臺南），第 141 期，陸軍砲訓部，民國 97 年第 2 季。
- 四、耿國慶，〈析論全球定位系統 GPS〉《砲兵季刊》（臺南），第 166 期，陸軍砲訓部，民國 103 年第 3 季。

- 五、《陸軍野戰砲兵技術射擊指揮系統操作手冊（第 1 版）》，（桃園：國防部陸軍司令部，民 98 年 9 月 2 日）。
- 六、《砲兵射擊指揮自動化系統簡報資料》（臺南：陸軍砲訓部，民國 98 年 3 月 11 日，未出版）。
- 七、《野戰砲兵射擊訓練教範》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 95 年 5 月 30 日）。

作者簡介

朱慶貴備役中校，陸軍官校 74 年班，砲校正規班 140 期，曾任排長、連長、教官、主任教官，現任職陸軍砲訓部射擊組教官。