

「座標系統轉換與格式換算」之研究

作者：耿國慶

提要

- 一、民國 86 年內政部就技術與經建雙重考量，採用與國軍新一代武器系統（WGS84）不同之 TWD97 座標系統，衍生「座標系統轉換與格式換算」問題，造成使用「控制點」困擾。基於當時電算機條件限制，僅能暫時使用非制式電腦座標轉換程式因應。近期新型「測地電算機」（IMT - 8R）陸續接裝，已具備「座標系統轉換與格式換算」能力，亟需檢討現行《陸軍野戰砲兵測地訓練教範》章節、內容，俾能發揮新型「測地電算機」效能，提升砲兵測地能力。
- 二、現行準則《陸軍野戰砲兵測地訓練教範（第二版）》存在「座標統一」術語不適切、章節內容未對應作業層級設計與欠缺「座標系統轉換與格式換算」作業要領等缺失，建議將「座標統一」修訂為「方格統一」、增加「座標系統轉換與格式換算」章節與依據實際需求、裝備能力適切補實作業要領等方式精進。
- 三、為能正確使用控制點，建立精確之測地統制，測地作業人員應建立「座標系統轉換與格式換算」基本觀念，熟悉作業要領，可參考本研究提供之「地理座標與 UTM 換算」、「TM2 度與 UTM6 度方格座標格式換算」、「方格帶至方格帶轉換」與「大地基準至大地基準轉換」等要領實施，經核對軍圖無誤後，方可使用。
- 四、本研究現階段將配合接裝訓練、操作手冊編纂，提供「座標系統轉換與格式換算」課目內容，未來仍將經由教學、測考與防區測地檢查等任務，蒐整、驗證與制定更具體有效之作業模式，期能補實「陸軍野戰砲兵測地訓練教範」章節、內容，充分發揮新型「測地電算機」效能，為砲兵測地任務達成提供更有利之保證。

關鍵詞：座標系統轉換與格式換算、測地電算機（IMT - 8R）、大地基準、橢球體、地圖投影、方格、WGS84、TWD97

前言

砲兵測地長久以來採「座標統一」方式，將「假設諸元」所建立之測地成果，修正為「統制諸元」，俾納入上級所建立之測地統制。¹惟此作法僅提供砲兵營（連）修正誤差較大之假設成果，至於軍團砲兵（防衛部）目標連（本部連）測量排之「座標系統轉換與格式換算」，則未建立制式作業規範。

¹ 《陸軍野戰砲兵部隊測地訓練教範（第二版）》，（桃園：國防部陸軍司令部，民國 99 年 11 月），頁 9 - 25。

鑒於民國 86 年起，內政部就技術與經建雙重考量，²籌建與國軍新一代武器系統（WGS84）不同之 TWD97 座標系統，衍生「座標系統轉換與格式換算」問題，造成使用「衛星控制點」困擾。惟基於當時電算機（卡西歐 FX880P）性能限制，僅能藉由非制式之電腦轉換程式因應。近期砲兵新型「測地電算機」（IMT-8R）即將分梯次接裝（如圖一），已具備「座標系統轉換與格式換算」能力，亟需重新檢討現行「陸軍野戰砲兵測地訓練教範（第二版）」章節內容與作業要領，俾能發揮新型「測地電算機」效能，提升砲兵測地能力。



圖一 砲兵新型「測地電算機」（IMT-8R）

資料來源：砲訓部士官長教官黃盈智提供

現行教範檢討

《陸軍野戰砲兵部隊測地訓練教範（第二版）》（以下簡稱「測地訓練教範」）自 99 年使用迄今已逾 7 年，在面臨存在已久的「座標系統轉換與格式換算」問題與新型「測地電算機」（IMT-8R）陸續獲得（106 年 7-12 月）後，已無法滿足現行測地作業需要，且降低訓練參考效能。相關檢討，分述如後。

一、「座標統一」術語不適切

砲兵營通常由軍團砲兵（防衛部）目標連（本部連）測量排長賦予「測地統制點」，基於測量排正實施測地作業中，無法及時提供測地統制點之「統制諸元」（座標、標高、方位角），致砲兵營須採「假設諸元」起始作業，待獲得上級「統制諸元」後，如檢查「假設諸元」與「統制諸元」超過許可範圍時（如表一），應行測地成果之「座標統一」。³

現行「座標統一」僅在將「假設諸元」所建立之成果，換算至「統制諸元」，實際上包含座標、標高、方位角等三項諸元換算，如僅使用「座標統一」術語有欠周延，不僅無法代表「座標系統統一」外，且誤導使用者僅實施「座標」單項統一，而「標高」、「方位角」則不包含在內。

² 許哲明，〈實施新國家坐標系統 TWD97 之影響〉《測量技術通報》（臺北），第 100 期，聯勤總部測量署，民國 87 年 6 月），頁 1。

³ 同註 1，頁 9-25。

表一 「座標統一」誤差範圍

區分	軍團砲兵、砲兵營	砲兵連(連)
座標	±5 公尺	±10 公尺
標高	±1 公尺	±2 公尺
方位角	±1 分	±2 密位

資料來源：《陸軍野戰砲兵部隊測地訓練教範（第二版）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國99年11月），頁9 - 26。

二、章節未對應作業層級設計

軍團砲兵（防衛部）通常由目標連（本部連）測量排自行選定控制點作為「測地統制點」；⁴砲兵營則通常由上級賦予，未賦予時可於作業區域內選擇精度良好之已知點（控制點或測地基準點）作為「測地統制點」。⁵因此軍團砲兵（防衛部）層級重點在控制點之「座標系統轉換與格式換算」；砲兵營（連）層級則在「方格統一」。惟現行「測地訓練教範（第二版）」第九章「測地統制與檢查」內容為：第一節、第一款「測地統制」、第二款「座標系統」，第二節「測地基準點建立」，第三節「座標統一」（餘略），並未考量軍團砲兵（防衛部）目標連（本部連）層級之「座標系統轉換與格式換算」作業，無法滿足測量排、測地資料中心之使用需求。

三、欠缺適切作業要領

現行《測地訓練教範（第二版）》第九章內容中，僅第二節「測地基準點建立」中略述「座標系統轉換」相關內容，並無「座標轉換與格式換算」要領，第三節「座標統一」，則在敘述「假設諸元」成果換算至「統制諸元」之作業要領。惟「座標系統轉換與格式換算」並非「座標統一」，不僅包含：大地基準、參考橢球體與地圖投影等複雜考量，⁶亦須藉由專業軟體、程式轉換或換算。如欠缺適切作業要領，將無法提供目標連（測量排、測地資料中心）或砲兵營防區測地使用控制點時，進行「座標轉換與格式換算」參考。

精進作法

「測地訓練教範（第二版）」目前正值修編規劃階段，為能發揮新型「測地電算機」（IMT - 8R）效益與達成砲兵測地任務，宜依據其性能與實際需要，並參考「美軍測地教範－戰術、技術與程序（FM6 - 2）」內容，務實精進。精進作法，分述如後。

一、修訂「座標統一」為「方格統一」

⁴ 同註 1，頁 8 - 4。

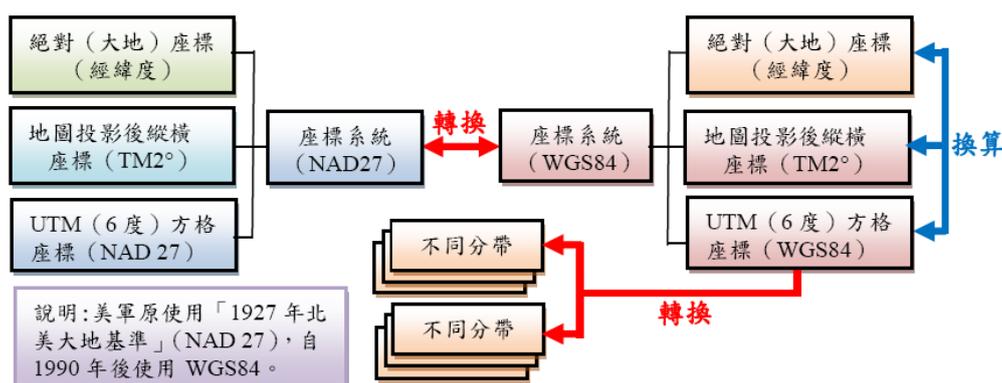
⁵ 同註 1，頁 7 - 13。

⁶ 姜震昇、儲慶美，〈基準、橢球、投影與 GPS〉《測量技術通報》（桃園），第 100 期，聯勤總司令部，民國 87 年 6 月），頁 161。

「座標統一」與其他許多砲兵術語一般，多由美軍準則翻譯而來，為能釐清問題須查證原文出處。就美軍「野戰砲兵測地－戰術、技術與程序 (FM6-2)」第十章「換算至共同統制」(Conversion to common control) 而言，開宗明義即要求所有射擊與目標諸元之定位、定向，必須符合大地基準或方格，且此「方格」包括軍圖 UTM 方格系統之「大地基準」(Datum)、方格 (Grid) 與其定義之座標、標高、方位角等。⁷將原文與「座標統一」術語兩相對照，顯見早期術語翻譯並不周延、適切，亦無法涵蓋座標、標高、方位角等三項諸元統一，建議將「座標統一」修訂為「方格統一」。

二、增加「座標系統轉換與格式換算」章節

教範章節設計要求，應以實用、完整與適切為目標。以美軍為例，自 1990 年「波灣戰爭」即將「1927 年北美大地基準」(NAD27) 改為 WGS84，且因「強化全球嚇阻」(Global deterrence) 任務致作戰範圍廣袤，⁸須將全球區分 60 個方格帶，大地基準則劃分 99 個代號，相關大地基準、國家或區域、參考橢球體、參考橢球體參數與轉換參數等，均儲存於「測地電腦」(Backup computer system, BUCS) 之「大地基準至大地基準轉換」唯讀記憶體 (DDCT ROM) 內。⁹基此，美軍將「野戰砲兵測地－戰術、技術與程序 (FM6-2)」，細分為第十章「換算至共同統制」、第十一章「換算與轉換」(Conversion and transformation)，就其定義邏輯觀察，不同大地基準、方格帶屬「轉換」作業；同一座標系統內格式改變，則屬「換算」作業 (如圖二)，章節設計不僅針對層級且區分適切。建議未來「測地訓練教範」修編宜將原第九章、第三節修訂為「方格統一」，另增加第四節「座標系統轉換與格式換算」。



圖二 美軍砲兵測地對座標系統「轉換」與「換算」定義示意
資料來源：作者繪製

⁷ “Tactics, Techniques, and Procedures for FIELD ARTILLERY SURVEY (FM6-2)”, (Headquarters, Department of the Army, 23/9/1993), p10-1。

⁸ Loren B. Thompson 著，陳嘉生譯，〈不能沒有你：美國需要陸軍的八個主要理由〉《國防譯粹》(臺北)，國防部，第 42 卷第 6 期，民國 104 年 6 月，頁 6。

⁹ 同註 7，pE-3。

三、依據實際需求與裝備能力適切補實作業要領

「座標系統轉換與格式換算」作業要領編纂著眼，應符合測地實際需求與新型「測地電算機」(IMT-8R)能力。參考美軍「野戰砲兵測地－戰術、技術與程序(FM6-2)」第十一章「換算與轉換」，內容包含：第一節「換算地理座標至UTM座標與UTM座標至地理座標」(Conversion geographic coordinates to UTM coordinates and UTM coordinates to geographic coordinates)、第二節「方格帶至方格帶轉換」(Zone-to-zone transformations)、第三節「大地基準至大地基準轉換」(Datum-to-datum transformations)。¹⁰章節內容不僅涵蓋各種座標系統換算與轉換問題，且詳述各種換算或轉換作業要領與範例(如表二)。建議未來「測地訓練教範」編修，應適切補實「座標系統轉換與格式換算」內容(如表三)，提供部隊測地運用參考。

表二 美軍與國軍測地教範「座標系統換算與格式轉換」內容比較

區分	章 節	相 關 章 節 內 容		附 記
美軍	第十章 換算至共同統制	未區分各節		美軍採全球戰略，將全球區分 60 個方格帶，大地基準則劃分 99 個代號，相關大地基準、國家或區域、參考橢球體、橢球體參數與轉換參數等，均儲存於測地電腦(BUCS)之「大地基準至大地基準座標轉換」唯讀記憶體(DDCT ROM)內。
	第十一章 換算與轉換	第一節	換算地理座標至 UTM 座標與 UTM 座標至地理座標	
		第二節	方格帶至方格帶轉換	
		第三節	大地基準至大地基準轉換	
國軍	第九章 測地統制與檢查 (僅摘述與本文有關之前三節)	第一節	第二款 座標系統	
		第二節	測地基準點建立	
		第三節	座標統一	

表三 「陸軍野戰砲兵測地訓練教範」第九章新、舊內容對照

舊(99年版)		新(107年版)	
第一節	通則	第一節	通則
第二節	測地基準點建立	第二節	座標系統轉換與格式換算
第三節	座標統一	第三節	方格統一
第四節	測地檢查法	第四節	測地檢查法
備考	舊版第二節「測地基準點建立」，已納入新版第一節「通則」之第二款。		

資料來源：表二及表三為作者繪製

¹⁰ 同註 7，p11-1、11-6、11-9。

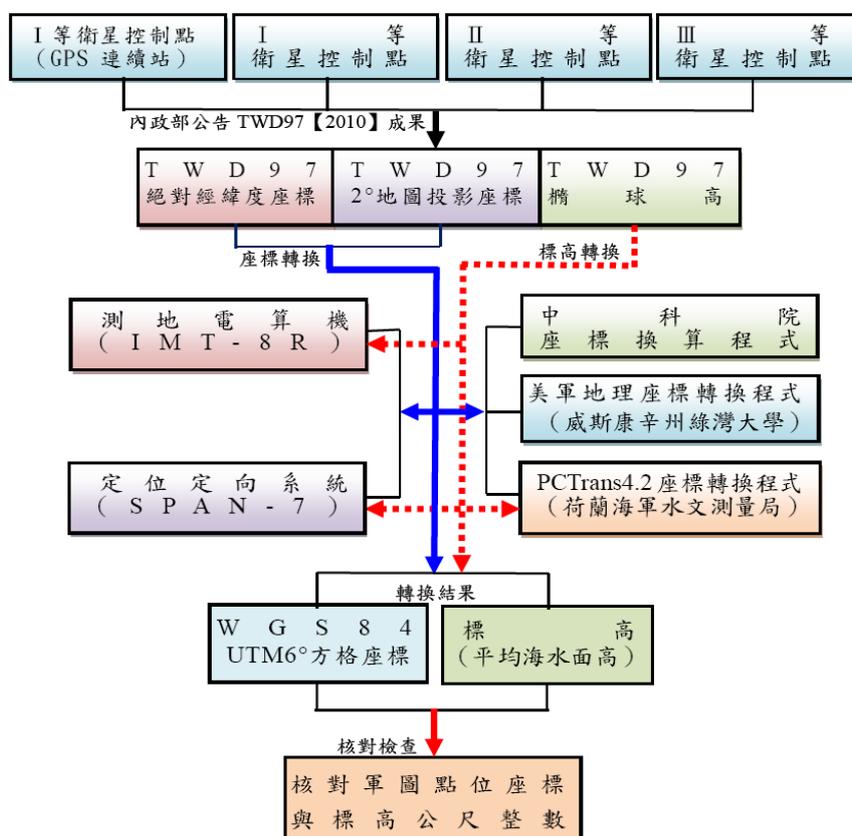
「座標系統轉換與格式換算」要領

軍團砲兵（防衛部）通常由目標連（本部連）測量排自行選定「控制點」作為「測地統制點」，建立作戰區測地統制。惟現階段內政部國土測繪中心公告之「衛星控制點」成果，與國軍現行使用之座標系統參數、格式迥異，為能正確使用與建立精確之測地統制，測地人員務必熟悉「座標系統轉換與格式換算」要領。

本段係延續前述教範檢討之精進作法（二、三項），提供研擬章節之具體內容，除配合現階段新型「測地電算機」（IMT-8R）接裝訓練教材與操作手冊編纂需要外，並提供未來「測地訓練教範」編修參考。

一、轉換與換算基本觀念

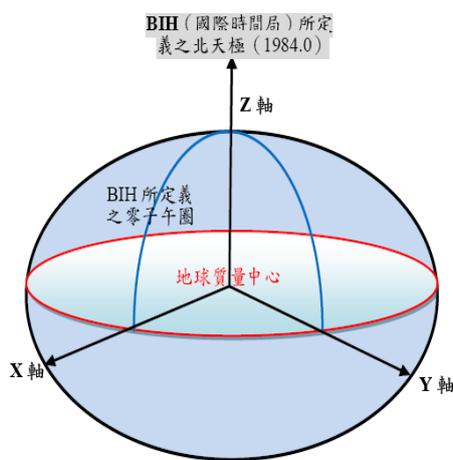
製圖基本四大要素：大地基準（Datum）、參考橢球體（Ellipsoid）、投影（Projection）與方格（Grid）中，最重要的為「大地基準」或「國家座標系統」須先確立。¹¹「座標系統轉換與格式換算」須先瞭解相關要素之內涵，即使無法運用深奧、繁瑣公式計算，仍可透過原有電腦轉換程式與新型「測地電算機」（IMT-8R）之內建程式迅速達成（圖三）。



圖三 衛星控制點座標、標高轉換方式與流程示意
資料來源：作者繪製

¹¹ 同註 2，頁 8。

(一) 座標系統轉換 (TWD97 轉換 WGS84)：內政部國土測繪中心建立衛星控制點使用「台灣大地基準 1997 年」(Taiwan Datum 1997, TWD97) 參考座標系統，採 ITRF94 地心座標框架，GRS80 參考橢球體；國軍新一代武器系統與軍用地形圖，則使用「世界大地基準 1984 年」(World Geodetic System 1984, WGS84) 座標基準 (如圖四)，其橢球體相關幾何與物理常數除第二階帶諧係數【 $C_{2.0}:(-484.16685 \pm 0.00130) \times 10^{-6}$ 】外，大都與 GRS80 相同，兩者微量差異僅在幾何扁率上 (如表四)。¹²因此就製圖而言，GRS80 與 WGS84 是互通的，¹³僅須將 TWD97 「絕對 (大地) 座標」(經、緯度) 或「地圖投影後之縱橫座標」(TM2°) 形式，轉換為 WGS84 (UTM6°) 方格座標。



圖四 WGS84 座標基準示意
資料來源：作者繪製

表四 WGS84 與 TWD97 座標系統參數比較

區分		1984 年世界大地基準 (WGS84)	1997 年台灣大地基準 (TWD97)
項目	橢球體	WGS84	GRS 1980
	長軸 (a)	6378137 公尺	6378137±2 公尺
地球原子	扁率 (1/f)	298.257223563	298.257±0.001 或 298.257222101
大地基準		地心座標系統	ITRF94 全球地面參考標 (地心座標系統) ★
基準原點		地球質心	地球質心
附記		★ITRF94 為另一種地心座標系統，原點為地球質心，尺度屬於一區域之地球標，採 BIH 定義在 1984.0 曆元之方位 (與 WGS84 同)。	

資料來源：參考許哲明，(實施新國家座標系統TWD97之影響)，《測量技術通報第100期》，(臺北市：聯勤總部測量署，民國87年6月)頁5製作。

(二) 標高轉換 (「橢球高」轉換「平均海面高」)：衛星控制點使用以橢球面為基準之「橢球高」(Ellipsoidal height)，為一種幾何高度，表示從參考之橢球面沿「法線」(Normal line) 量至地面點之高度距離量。¹⁴「橢球高」(h) 與「正

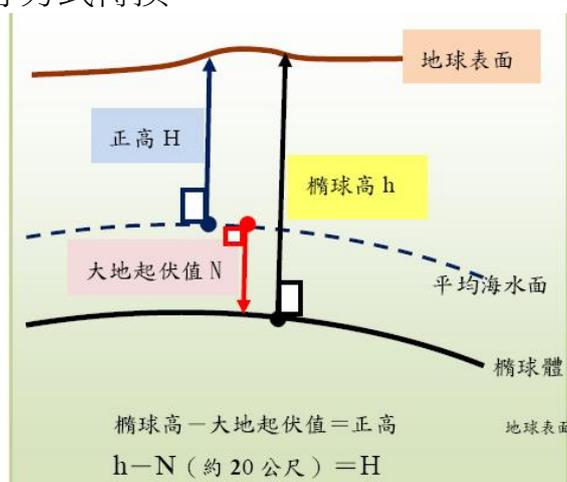
¹² 張嘉強，(坐標轉換)，<http://yahoo.com.tw/w3.uch.edo.tw/ccchang50/crd_trsnafcr.pdf> (檢索日期 2014 年 9 月 1 日)，頁 3。

¹³ 同註 2，頁 5。

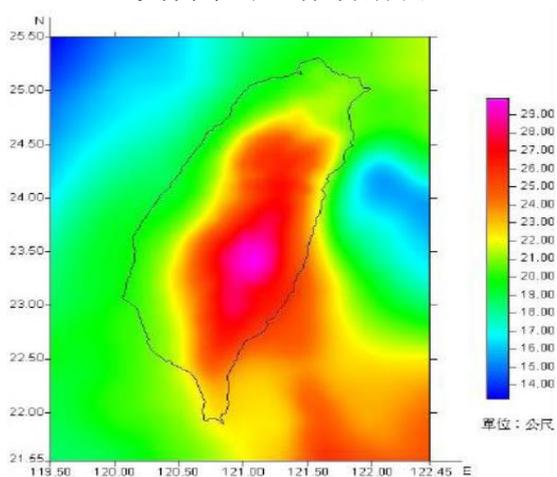
¹⁴ 同註 2，頁 5。

高」(H) 之差，稱為「大地水準面高」或「大地起伏」(Geoidal undulation) 通常以 N 表示 (如圖五)，兩者之近似關係為 $H=h-N$ 。

以全球觀點而言，相應一個最密切參考橢球體上之大地起伏值為±100 公尺之等級。對臺灣地區而言，大地起伏之平均值約為 22 公尺 (如圖六)，換言之，橢球高減去 22 公尺，即可概略轉換為以「平均海水面」(臺灣水準原點) 起算之「正高」(即砲兵測地使用之「標高」)。惟對精度需求較高之高程 (標高) 間轉換而言，則須利用重力資料配合大地水準面模式加以計算獲得 (目前內政部已提供較精密之大地起伏值內差計算程式)¹⁵ 或使用新型「測地電算機」(IMT-8R)、PCTrans4.2 座標轉換程式 (荷蘭海軍水文測量局)、SPAN-7 (控制顯示與電腦單元) 等方式轉換。



圖五 台灣地區橢球體、正高、大地起伏值關係示意
資料來源：作者繪製



圖六 臺灣地區之大地起伏值示意

資料來源：張嘉強，(座標轉換)，<http://yahoo.com.tw/w3.uch.edu.tw/ccchang50/crd_trснаfer.pdf……> (檢索日期2014年9月1日)。

二、地理座標與 UTM 換算

¹⁵(「TWD97 大地基準及坐標系統成果更新座談會」會議紀錄)，《內政部函》，(臺北：臺內地字第 1000226477 號，民國 100 年 11 月 23 日)，頁 5-6。

內政部國土測繪中心所公布之衛星控制點 TWD97【2010】成果（如表五），目前已全數儲存於新型「測地電算機」（IMT-8R）之「控制點成果查詢」資料庫內，因成果區分為「絕對（大地）座標」（ITRF94,1997.0,GRS80）與「地圖投影後之縱橫座標」（ITRF94,1997.0,GRS80,TM2°）兩種，標高則為「橢球高」。各級測地資料中心須將絕對（大地）之地理（經、緯度）座標換算為砲兵測地使用之 WGS84（UTM6°）方格座標與標高（平均海水面高），且核對軍圖無誤後，方可使用。

表五 內政部公告各級衛星控制點清單數量

項次	點位等級	數量
1	衛星追蹤站	18 點
2	I 等衛星控制點（GPS 連續站）	219 點
3	I 等衛星控制點	105 點
4	II 等衛星控制點	569 點
5	III 等衛星控制點	2,012 點
合	計	3,013 點

資料來源：（公告內政部大地基準及一九九一座標系統2010年成果），《內政部公告》，（臺北：臺內地字第1010137288 號，民101年3月30日），頁11。

（一）「地理座標換算 UTM」範例：內政部國土測繪中心所申請之衛星控制點（2010 年）絕對座標成果（如表六），可運用新型「測地電算機」（IMT-8R）之「座標系統與高程基準轉換」程式，將衛星控制點地理座標轉換為 UTM（範例為 II 等衛星控制點「頂山」）。步驟如下。（圖七）

1. 選擇座標系統：WGS84。
2. 選擇座標格式：經、緯度（度、分、秒）。方格分帶：51。
3. 選擇高程基準：橢球高。
4. 輸入經度：120 度 19 分 15.34385 秒。
5. 輸入緯度：23 度 0 分 17.89564 秒。
6. 輸入橢球高：97.825 公尺。
7. 按壓「計算鍵」。即顯示

WGS84 UTM-6 51 帶 (X,Y) = (E225384.79 (公尺), N2546580.43 (公尺))

表六 衛星控制點新（2010 年）絕對座標成果

點名	點號	緯度 (dd:mm:ss)				經度 (dd:mm:ss)				高程 (m)	所在地	921 後重測 (標石現況)
		dd	mm	ss	N	dd	mm	ss	E			
大坪山	S526	22	58	53.16045	N	120	21	21.59163	E	114.611	台南市關廟區	花崗石
頂山	S567	23	0	17.89564	N	120	19	15.34385	E	97.825	台南市關廟區	花崗石

附記：大坪山、頂山位於虎山靶場週邊，為測地教學場地附近點位。

資料來源：作者繪製



圖七 新型「測地電算機」(IMT - 8R) 地理座標換算 UTM

資料來源：士官長教官黃盈智提供

(二)「UTM 換算地理座標」範例：砲兵測地成果通常使用 UTM 6 度方格座標 (單位為公尺)，惟軍團砲兵 (防衛部) 目標連 (本部連) 與多管火箭砲兵營 (連) 下轄氣象組，測量排 (班) 須提供「氣象台」地理座標 (經、緯度度小數) 與定向線方位度 (度小數) 成果，俾利彈道氣象探測作業。惟為符合氣象台或其他設施之特殊需求，測量排 (班) 可使用新型「測地電算機」(IMT - 8R) 之「座標系統與高程基準轉換」程式，將「頂山」II 等衛星控制點之 UTM 轉換為地理座標。轉換範例與步驟如下。(圖八)

1. 選擇座標系統：WGS84。
2. 選擇座標格式：UTM - 6 度分帶。方格分帶：51。
3. 選擇高程基準：正高。
4. 輸入 X 座標：225384.76。
5. 輸入 Y 座標：2546580.43。
6. 輸入正高：77.34 公尺。
7. 按壓「計算鍵」。即顯示

WGS84 UTM - 6 51 帶(X,Y)=(E120 度 19 分 15.343 秒,N23 度 00 分 17.896 (公尺) 度小數 = (E120.320929, N23.004971)



圖八 新型「測地電算機」(IMT-8R)將「頂山」II等衛星控制點 UTM6° 方格座標換算為地理座標

資料來源：士官長教官黃盈智提供

三、TM2 度與 UTM6 度方格座標格式換算

(一) 座標格式差異

1. TM2 度座標：內政部為提高台灣地區之地圖精度，在新測之五千、一萬分之一相片基本地形圖與重測之地籍圖採用 2 度分帶法投影，即「地圖投影後之縱橫座標」(TM2°) 格式(表七)。¹⁶中央經線本島與蘭嶼地區為 121 度，澎湖為 119 度，橫座標西移 25 萬公尺，中央子午線尺度比例為 0.9999。

2. UTM-6 度方格座標：國軍採「橫麥卡脫投影」(Universal transverse Mercator grid, UTM) 又稱「高斯克呂格投影」，為正投影之一種，具有正形特性，即地面上任一地區投影之後，形狀相似，方向不變，距離正確，適用於全球南北緯 80 度以內任何地區，自 1914 年問世以後，已普遍提供國防軍事、學術研究與施政建設之用。UTM 沿赤道自西經 180 度至東經 180 度，每隔經度 6 度為一帶，將全球劃分 60 個投影帶，並依次編以 1-60 之阿拉伯數字，中央經線本島與蘭嶼地區為 123 度(51 帶)，澎湖為 117 度(50 帶)。「UTM 方格座標」係依據「橫麥卡脫投影」制定，因採用此種投影所編成之地圖，所有角度與地面相應角值接近，有利砲兵、測量與航行使用。¹⁷

¹⁶ 《軍用地形圖閱讀手冊(增修版)》(臺北：國防部情次室，民國 81 年 6 月)，頁 32。

¹⁷ 同註 16，頁 30-37。

表七 衛星控制點新（2010 年）2 度 TM 座標成果對照表

地圖投影後之縱橫座標 (ITRF94,1997.0,GRS80,2°TM) 摘錄第 4 頁，共 19 頁)

點 名	點 號	縱座標值 (m)	橫座標值 (m)	所 在 地	921 後重測 (標石現況)
大 坪 山	S526	2542372.084	183971.852	台南市關廟區	花崗石
頂 山	S567	2544994.802	180388.275	台南市關廟區	花崗石

資料來源：作者繪製

(二) 換算範例

使用新型「測地電算機」(IMT - 8R) 之「座標系統與高程基準轉換」程式，將「頂山」II 等衛星控制點之 TM2 度換算為 UTM6° 方格座標。換算步驟如下。(如圖九)

1. 選擇座標系統：TWD97。
2. 選擇座標格式：TM - 2 度分帶。
3. 選擇方格分帶：台灣。
4. 選擇高程基準：橢球高。
5. 輸入 X 座標：180388.275。
6. 輸入 Y 座標：2544994.802。
7. 輸入橢球高：97.825 公尺。
8. 按壓「計算鍵」。即顯示

WGS84 UTM - 6 51 帶 (X,Y) = (E225384.76 公尺), N2546580.43 (公尺)



圖九 新型「測地電算機」(IMT - 8R) 將「頂山」II 等衛星控制點 TM2 度換算為 UTM6° 方格座標

資料來源：砲訓部士官長教官黃盈智提供

四、方格帶至方格帶轉換

「橫麥卡脫投影」(UTM) 基於每一分帶皆為獨立的座標系，當地區幅員較大時，將出現一次或數次「跨帶」(Zone - to - zone) 的複雜現象。台灣地區跨越 50、51 帶，砲兵有時須實施跨帶射擊，務必瞭解相關知識，俾利轉換作業。

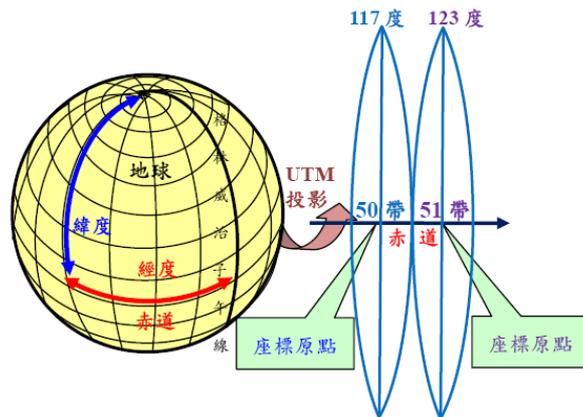
(一) 平面投影座標方格帶編號：我國現行採用經度 6 度之分帶法(圖十)，中央經線兩側各為 3 度(圖十一)，投影帶編號悉依「橫麥卡脫投影」分帶法，臺灣地區分帶編號現況分述如次。

1. 臺灣本島、彭佳嶼、琉球嶼、龜山島、蘭嶼與綠島等地區為 UTM 第 51 帶，中央經線為 123 度。

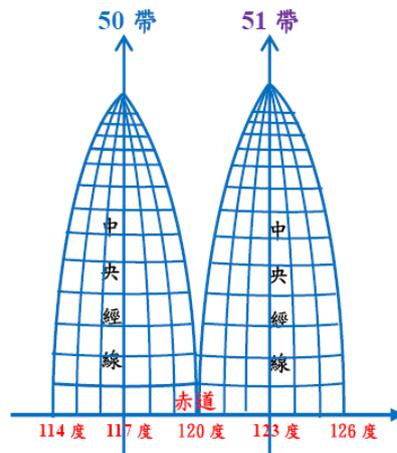
2. 澎湖、烏坵、金門與東沙地區為 UTM 第 50 帶，中央經線為 117 度。

3. 馬祖地區因跨越 50 與 51 帶，可依需要使用 50 或 51 帶之投影座標成果。

前述各帶之中央經線與赤道交點為該帶區內十萬公尺劃分之原點，同時為避免座標有負值出現，北半球之投影原點橫座標向西平移 500,000 公尺(500 公里)，縱座標值為 0 公尺(圖十二)，中央子午線尺度比率為 0.9996。¹⁸

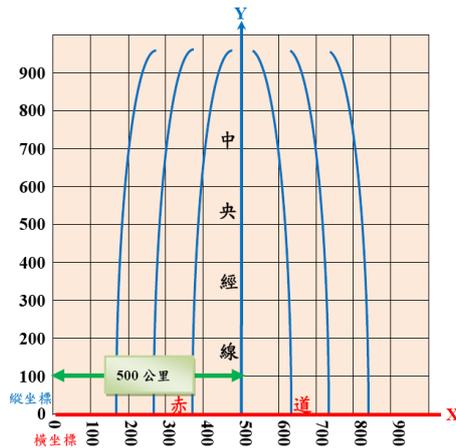


圖十 臺灣地區按 6 度分帶法編號涵蓋 50、51 帶



圖十一 50、51 帶中央經線與兩側 3 度示意

¹⁸ 《中華民國台灣地區三角點成果表(2°、3°、6°分帶成果)》(臺北：聯勤總部測量署，民國 74 年 12 月)，臺灣地區三角點成果說明。

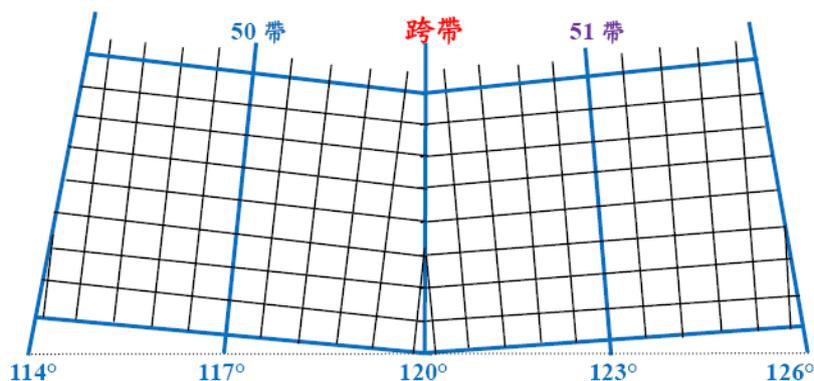


圖十二 各分帶投影原點橫座標向西平移 500 公里，縱座標值為 0 公尺
資料來源：圖十、圖十一、圖十二為作者製作

(二) 跨帶與跨帶方格：UTM 方格座標依據「橫麥卡脫投影」制定，每隔經度 6 度為一帶，各帶皆為獨立的座標系，故跨帶時相鄰兩帶地圖的方格網無法相互連接（如圖十三）。如 50 與 51 帶為相鄰兩帶的地圖，其座標線各自平行於本帶的縱、橫座標線，且座標直接由各帶座標原點起算，因此相鄰兩帶的地圖接合時，不僅座標值無法連接，且座標方格將出現如「圖十三」非正方形之狀況，致形成相鄰兩帶交界地區之地圖接合、指揮管制與砲兵測地、射擊、觀測、射向賦予等諸多不便，輕則影響火力發揚，重則造成危安事件。

1. 跨帶：中央經線兩側各為 3 度，帶與帶間各有 30 分之重疊，此一重疊部分謂之「跨帶」，未重疊之部分則稱為「本帶」。¹⁹

2. 跨帶方格：跨帶經度 30 分的重疊區域內，須將兩帶之方格同時印於地圖上，此種方格稱之為「跨帶方格」，²⁰臺灣西部、澎湖與馬祖地區均出現跨帶方格，當砲兵實施跨帶射擊時，務必熟悉轉換作業。



圖十三 50、51 跨帶方格接合示意
資料來源：作者製作

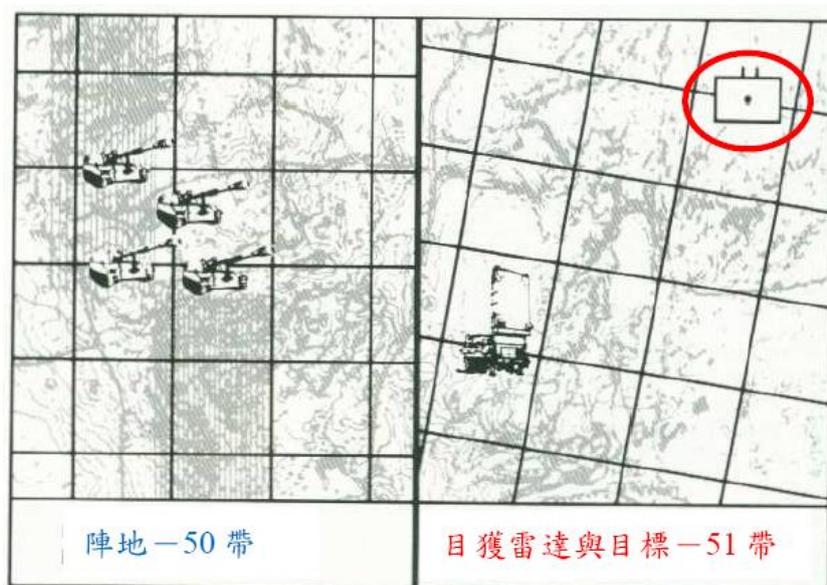
¹⁹ 同註 16，頁 30。

²⁰ 同註 16，頁 40。

(三)「跨帶」測地要領：砲兵有時須「跨帶」射擊，因陣地與目標並非同一投影帶（如圖十四），其方格網接合並非正方形，且各帶均有其獨立之方格座標系。對測地而言，須分別在所跨之各投影帶選擇「測地統制點」，起始測地作業，建立符合該帶座標系之測地成果，惟其所建立之測地成果，僅限用於本帶，無法適用於跨帶。當作戰指揮部律定作戰全程（或階段）以某一方格帶為「主帶」時，應嚴格監督所屬部隊將其所跨之「鄰帶」座標轉換至「主帶」，以求「方格帶統一」。各層級測地要領分述如下：

1. 建立測地統制：作戰區（防衛部）測量排使用主帶「衛星控制點」（基準點）為測地統制點，起始測地作業，並賦予砲兵營（連）「測地統制點」（SCP）、「磁偏校正站」等，將所跨之鄰帶相關點位納入（或轉換至）主帶座標系內，達成方格帶統一。惟成果表上須註明主帶編號，且 UTM6° 方格座標之橫座標小數點前第 6 位數與縱座標小數點前第 6、7 位數，不得省略。

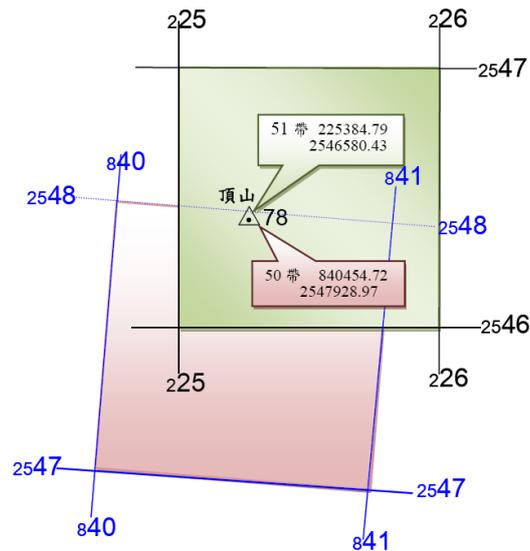
2. 完成測地成果：各砲兵營（連）使用上級賦予「測地統制點」（SCP），完成符合主帶座標系之測地成果，提供射擊指揮、觀測、磁偏校正與射向賦予使用。必要時，須適時實施「閉塞檢查」。



圖十四 陣地與目標並非同一方格帶示意

資料來源：Staff Sergeant Dwight D.Mckillip, “Survey for Remote Areas”, 〈Field Artillery June 1993〉, p26。

(四) 方格帶至方格帶轉換範例：新型「測地電算機」（IMT - 8R）之「座標系統與高程基準轉換」程式，除可將地理座標轉換為 UTM，亦同時顯示台灣地區 50 與 51 帶 UTM 方格座標，使用者可依據需要自行選擇。範例為頂山（△78）II 等衛星控制點（編號 S567）跨帶座標轉換示意（圖十五）。轉換步驟，請參閱「地理座標換算 UTM」範例與圖七。



圖十五 「頂山」Ⅱ等衛星控制點 50 帶與 51 帶座標示意
資料來源：作者製作

五、大地基準至大地基準轉換

我國自民國 69 年起，採用「1967 年大地參考系統」(Geodetic reference system 1967, GRS67)，又稱之為「虎子山座標系統」因當時三角點檢測成果受限於科技條件，精度未臻理想，且歷經長期天災、人為破壞，三角點數量與分佈已不敷使用，最嚴重的則是經過專家學者認定，虎子山座標系統並非最適合臺灣地區。²¹內政部特於民國 87 年創立「TWD97 大地基準」與參考座標系統，迄今已接近 20 年。依據內政部 101 年決議：「大地基準」與「國家座標系統」仍採用法定的「1997 年座標系統」(TWD97)，自 101 年 3 月 30 日起內政部「國土測繪中心」網站重新公告各等級衛星控制點合計 3,013 點，其成果數值將更新至 2010 年之最新成果（簡稱 1997 座標系統之 2010 年成果，「TWD97【2010】」）。²²

(一) 轉換作業：基於國軍使用 WGS - 84 座標系統之現況不會改變，因此新型「測地電算機」(IMT - 8R) 性能規格中，未納入「大地基準至大地基準轉換」功能 (GRS67 轉換 WGS84)。惟就防區測地檢查發現，花東、外島地區因控制點成果未臻完善，仍有轉換需要，因此建議部隊可採用砲訓部之前提供之中科院、美軍 (美軍與「威斯康辛州綠灣大學」— University of Wisconsin - Green Bay 合作研發)、「荷蘭皇家海軍水文測量局」(Royal Netherlands Navy, Hydrographic Service) PCTrans4.2 等三種轉換程式，亦可經由「定位定向系統」(ULISS - 30、SPAN - 7) 之控制顯示器轉換。惟無論使用何種方式轉換，其結果均須經由軍圖定點核對，以確保正確無誤。

²¹ 同註 2，頁 7。

²² (公告內政部大地基準及一九九一坐標系統 2010 年成果)，《內政部公告》，(臺北：臺內地字第 1010137288 號，民國 101 年 3 月 30 日)，頁 1。

(二) 轉換範例：使用中科院座標轉換程式將原「頂山」Ⅲ等三角點(表八)之GRS67轉換為WGS84 UTM 6度方格座標，步驟如次。(圖十六、十七)

1. 點選座標系統：GRS67。
2. 輸入GRS67、UTM6度方格座標 X 224558.450 Y 2546799.769。
3. 點選方格分帶6度。
4. 點選座標系統：WGS84。
5. UTM座標系欄位顯示轉換後之WGS84、6°UTM方格座標 X 225384.006 Y 2546580.881。

表八 中華民國台灣地區三角點成果表(2°、3°、6°分帶成果)

五萬分一展點圖圖號 9418-1、9419-II						
編號	等級	標石號碼	點名	高程	1924年海佛原子	UTM座標
					緯度(φ)	縱線(N)
					經度(λ)	橫線(E)
51	Ⅲ	526	大坪山	m 97.310	° ' " 22 58 59.4840 120 20 52.6090	m 2544150.400 228100.600 2545611.460 943296.150
5	Ⅲ	567	頂山	77.590	23 00 24.2000 120 18 46.3450	2546822.940 224550.790 2548137.760 839637.970

五萬分一展點圖圖號 9418-1、9419-II					
高程	1967年原子 (GRS-67)	TM座標		UTM座標 6度分帶	備考
	緯度(φ)	2度分帶 縱線(N)	3度分帶 縱線(N)	縱線(N)	
	經度(λ)	橫線(E)	橫線(E)	橫線(E)	
m 93.792	° ' " 22 58 59.5177 120 20 52.5137	m 2542580.080 183144.316 2543066.374 388204.924	m 2542834.364 283137.630 2544612.957 590792.580	m 2544126.936 228108.280 2545587.827 843280.406	本帶 (51帶) 重帶 (50帶)
77.761	23 00 24.2438 120 18 46.2470	2545202.733 179560.373 2545640.348 384584.927	2545457.278 279553.329 2547163.634 587153.009	2546799.769 224558.450 2548114.424 839622.267	

資料來源：《中華民國台灣地區三角點成果表(2°、3°、6°分帶成果)》，(臺北，聯勤總部測量署，民國74年12月)，頁28。



圖十六 利用中科院座標轉換程式將Ⅲ等三角點「頂山」GRS67 轉換為 WGS84、6°UTM 方格座標（步驟 1 - 3）



圖十七 利用中科院座標轉換程式將Ⅲ等三角點「頂山」GRS67 轉換為 WGS84、6°UTM 方格座標（步驟 4 - 5）

資料來源：圖十六及圖十七為作者繪製

結語

砲兵新型「測地電算機」(IMT - 8R) 獲得後，不僅提供符合戰場環境之標準作業工具，亦解決測地存在已久之「座標系統轉換與格式換算」問題。除應同步檢討現行「測地訓練教範」之適用性與完整性外，亦須依據實際需求研究適切之作業要領，俾供部隊測地運用參考。

本研究現階段將配合接裝訓練與操作手冊編纂，提供「座標系統轉換與格式換算」課目內容，未來仍將經由教學、測考與防區測地檢查等任務，蒐整、驗證與擬定更具體有效之作業模式，期能補實「測地訓練教範」章節、內容，充分發揮新型「測地電算機」(IMT - 8R) 效能，為砲兵測地任務達成提供更有利之保證。

參考文獻

- 一、《陸軍野戰砲兵部隊測地訓練教範（第二版）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國99年11月）。

- 二、許哲明，〈實施新國家坐標系統TWD97之影響〉《測量技術通報》（臺北），第100期，聯勤總部測量署，民國87年6月。
- 三、“Tactics, Techniques, and Procedures for FIELD ARTILLERY SURVEY (FM6 - 2)” ，(Headquarters, Department of the Army, 23/9/1993)。
- 四、姜震昇、儲慶美，〈基準、橢球、投影與GPS〉《測量技術通報》（臺北），第100期，聯勤總司令部，民國87年6月。
- 五、張嘉強，〈坐標轉換〉，http://yahoo.com.tw/w3.uch.edu.tw/ccchang50/crd_trsnafcr.pdf（檢索日期2014年9月1日）。
- 六、《「TWD97大地基準及坐標系統成果更新座談會」會議紀錄》（臺北），內政部函，臺內地字第1000226477號，民國100年11月23日。
- 七、《軍用地形圖閱讀手冊（增修版）》（臺北：國防部情次室，民國81年6月）
- 八、《中華民國台灣地區三角點成果表（2°、3°、6°分帶成果）》，（臺北：聯勤總部測量署，民國74年12月）。
- 九、〈公告內政部大地基準及一九九一坐標系統2010年成果〉《內政部公告》（臺北），臺內地字第1010137288號，民國101年3月30日。
- 十、Loren B. Thompson著，陳嘉生譯，〈不能沒有你：美國需要陸軍的八個主要理由〉《國防譯粹》（臺北），第42卷第6期，國防部，民國104年6月。
- 十一、陳天祐、耿國慶，〈TWD - 97坐標系統建構與軍圖改版後運用國家控制點實施砲兵測地之研究〉《砲兵季刊》（臺南），第133期，砲訓部，民國95年6月20日。
- 十二、耿國慶，〈運用地圖支援砲兵測地之研究〉《砲兵季刊》（臺南），第159期，砲訓部，民國101年11月20日。
- 十三、耿國慶，〈衛星控制點「1997坐標系統2010年成果」對砲兵測地之影響與因應之道〉《砲兵季刊》（臺南），第168期，砲訓部，民國104年3月20日。
- 十四、耿國慶，〈地圖「跨帶」與「方位偏角圖」之研究〉《砲兵季刊》（臺南）第172期，陸軍砲訓部，民國105年3月20日。

作者簡介

耿國慶老師，陸軍官校 66 年班，歷任排長、測量官、連、營長、主任教官，現任職於陸軍砲兵訓練指揮部目標獲得教官組。