

精進 e-GNSS 即時動態定位系統三維坐標轉換精度之研究

A study on improving the accuracy of 3D coordinate transformation on e-GNSS real-time kinematic positioning system

莊峰輔¹ 林文勇² 陳鶴欽³

摘要

內政部國土測繪中心 e-GNSS 即時動態定位系統（簡稱 e-GNSS 系統）為提供使用者更便利之服務，讓使用者可簡單快速地將 VBS-RTK 測量成果即時轉換至法定坐標系統，節省連測已知控制點與計算坐標轉換與最小二乘配置的繁複程序，降低測量工作技術門檻，提升測量工作效率與成果品質，自 103 年起提供三維坐標轉換服務，透過 RTCM 3.1 Type 1021 及 Type 1023 之資料格式，分別將坐標轉換七參數，殘差網格修正模型與網格內插計算方法傳送給使用者，讓使用者在外業測量現場可即時將 e-GNSS 系統測量成果轉換至法定坐標系統。

本研究於 e-GNSS 系統更新 e-GNSS[2021]坐標時，一併辦理 735 點基本控制點 6 小時靜態測量工作，並將其基線解算成果最小約制於測繪中心（LSB0）TWD97[2010]坐標，以計算基本控制點 e-GNSS[2021]坐標，期透過增加轉換模型共同點密度之方式，提升精進轉換模型精度，並解決部分地區存在系統誤差之問題。

研究結果顯示，使用基準站加上基本控制點之成果僅在 e-GNSS[2021]轉換至 TWD97 時略優於只使用基準站之成果，在 e-GNSS[2021]轉換至 TWD97[2010]則無明顯差異。另外若僅比較臺南市玉井區及楠西區附近 e-GNSS[2021]轉換至 TWD97 之結果，則顯示增加共同點後大幅提升 N 方向精度，並降低系統性偏移量。上述結果研判可能的原因，應係原本只使用基準站之模型，已足夠反應大部分地表變動情形，因此以均勻分布之點位檢核模型之結果，與增加基本控制點之模型無明顯差異，但若縮小至局部小範圍來看，在臺南市玉井區及楠西區則明顯改善許多，故增加局部地區共同點，可有效提升該地區轉換精度。

關鍵字：e-GNSS 即時動態定位系統、三維坐標轉換。

1內政部國土測繪中心控制測量課 專員

2內政部國土測繪中心控制測量課 技正

3內政部國土測繪中心控制測量課 課長

一、前言

內政部國土測繪中心 e-GNSS 即時動態定位系統（以下簡稱 e-GNSS 系統）係採用 VBS-RTK 定位技術，提供使用者即時且高精度之定位服務，測量成果坐標系統為 e-GNSS 坐標，與法定坐標系統不同。因 VBS-RTK 測量成果須仰賴高精度的基準站坐標，作為定位誤差修正的理論基礎，而臺灣位處地殼變動劇烈地帶，各地區域性地表位移量在方位及量級上均明顯不同，故 e-GNSS 系統固定每 2 年更新 1 次基準站坐標，以維持各基準站間之相對精度。使用者透過 e-GNSS 系統獲得之測量成果，為 e-GNSS 系統專屬之坐標系統，110 年目前之測量成果為 e-GNSS 系統 2021 年坐標（簡稱 e-GNSS[2021]）。為提供使用者更便利之服務，讓使用者可簡單快速地将 VBS-RTK 測量成果即時轉換至法定坐標系統，節省連測已知控制點與計算坐標轉換與最小二乘配置的繁複程序，降低測量工作技術門檻，提升測量工作效率與成果品質，e-GNSS 系統自 103 年起提供三維坐標轉換服務，透過 RTCM 3.1 Type 1021 及 Type 1023 之資料格式，分別將坐標轉換七參數，殘差網格修正模型與網格內插計算方法傳送給使用者，讓使用者在外業測量現場可即時將 e-GNSS 系統測量成果轉換至法定坐標系統。

二、研究方法

e-GNSS 系統三維坐標轉換服務目前提供歷年 e-GNSS 坐標系統（e-GNSS[2013]、e-GNSS[2015]、e-GNSS[2017]、e-GNSS[2019]）轉換至法定 TWD97 坐標系統、TWD97[2010]坐標系統、TWVD2001 正高與歷年 e-GNSS 坐標系統彼此間之轉換服務，並配合內政部 109 年公告基本測量 2020 年成果（TWD97[2020]）及 e-GNSS 系統於 110 年更新 e-GNSS[2021]坐標，提供 e-GNSS[2021] 轉換至法定 TWD97 坐標系統、TWD97[2010]坐標系統、TWD97[2020]坐標系統、TWVD2001 正高與歷年 e-GNSS 坐標系統彼此間之轉換服務，轉換精度可供大部分應用測量使用。

考量建置轉換模型之共同點坐標精度與獲得坐標成果所需人力與費用，歷年轉換模型係使用 GNSS 連續站作為共同點，僅 e-GNSS[2013]轉 TWD97 轉換模型有額外使用基本控制點，因此在部分共同點分布較稀疏，無法完全修正板塊與地殼變動影響量之地區，其轉換結果會有些微系統誤差存在。

本研究於 e-GNSS 系統更新 e-GNSS[2021]坐標時，一併辦理 735 點基本控制點 6 小時靜態測量工作，並將其基線解算成果最小約制於測繪中心（LSB0）TWD97[2010]坐標，以計算基本控制點 e-GNSS[2021]坐標，期透過增加轉換模型共同點密度之方式，提升精進轉換模型精度，並解決部分地區存在系統誤差之問題。

本研究分別使用基準站及基準站加上基本控制點作為建置轉換模型之共同點，建置 e-GNSS[2021]轉換至 TWD97 及 TWD97[2010]坐標系統之轉換模型，並辦理臺灣本島均勻分布之 600 點基本控制點 e-GNSS 測量工作，外業時每個點位辦理 2 次 5 分鐘觀測，再將每次觀測獲得 100 筆以上固定解之成果取平均，以獲得 2 次觀測成果點位之平均值與公告 TWD97 及

TWD97[2010]坐標比較，作為驗證不同轉換模型精度之依據。

三、研究成果

(一) e-GNSS[2021]轉換至 TWD97

600 個觀測點位中，計有 536 個點位獲得 2 次觀測成果且具 TWD97 公告坐標，其坐標較差統計情形如表 1，各點較差量級及方向如圖 1。只使用基準站建置模型之轉換結果與公告坐標較差之中誤差在 N 方向為 6.3 公分，E 方向為 5.3 公分，h 方向為 11.5 公分；使用基準站加上基本控制點建置模型之轉換結果與公告坐標較差之中誤差在 N 方向為 5.3 公分，E 方向為 5.1 公分，h 方向為 11.2 公分，使用基準站加上基本控制點之成果略優於只使用基準站之成果，在 N 方向上精度提升 1 公分，E 及 h 方向則無明顯差異。

共同點	基準站			基準站加上基本控制點		
	N	E	h	N	E	h
最大值	0.566	0.341	0.923	0.269	0.354	0.896
最小值	-0.382	-0.254	-0.377	-0.387	-0.215	-0.410
中誤差	0.063	0.053	0.115	0.053	0.051	0.112
平均值	-0.004	-0.011	0.029	-0.006	-0.005	0.025

表 1 兩模型 e-GNSS[2021]轉換至 TWD97 坐標較差統計表(單位：m)

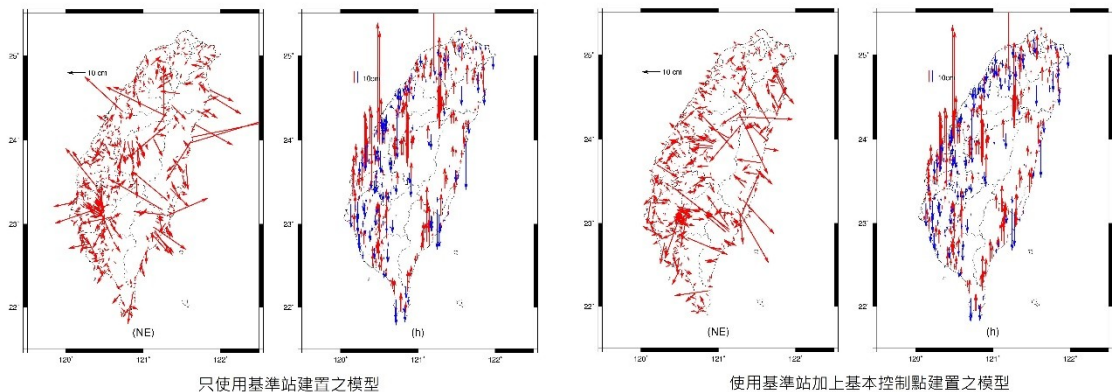


圖 1 兩模型 e-GNSS[2021]轉換至 TWD97 坐標較差圖

另考量有使用者反應 e-GNSS 系統三維坐標轉換服務在臺南市玉井區及楠西區附近，轉換至 TWD97 坐標系統之成果與公告坐標存在系統性偏移量，本研究在辦理 735 點基本控制點 6 小時靜態測量工作時，即增加其附近之控制點數量，以研究增加特定區域建置模型之共同點密度對轉換結果之影響。臺南市玉井區及楠西區附近之驗證點位計有 21 點，其坐標較差統計情形如表 2，各點較差量級及方向如圖 2。只使用基準站建置模型之轉換結果與公告坐標較差之中誤差在 N

方向為 4.6 公分，E 方向為 5.9 公分，h 方向為 4.0 公分，平均值在 N 方向為 -3.7 公分，E 方向為 4.0 公分，h 方向為 1.8 公分；使用基準站加上基本控制點建置模型之轉換結果與公告坐標較差之中誤差在 N 方向為 1.7 公分，E 方向為 4.9 公分，h 方向為 3.8 公分，平均值在 N 方向為 -0.7 公分，E 方向為 -0.2 公分，h 方向為 0.1 公分，使用基準站加上基本控制點之成果明顯優於只使用基準站之成果，且大幅提升 N 方向精度，並降低系統性偏移量。

表 2 臺南市玉井區及楠西區附近坐標較差統計表(單位：m)

共同點 分量	基準站			基準站加上基本控制點		
	N	E	h	N	E	h
最大值	0.077	0.171	0.086	0.040	0.104	0.066
最小值	-0.106	-0.090	-0.081	-0.033	-0.079	-0.063
中誤差	0.046	0.059	0.040	0.017	0.049	0.038
平均值	-0.037	0.040	0.018	-0.007	-0.002	0.001

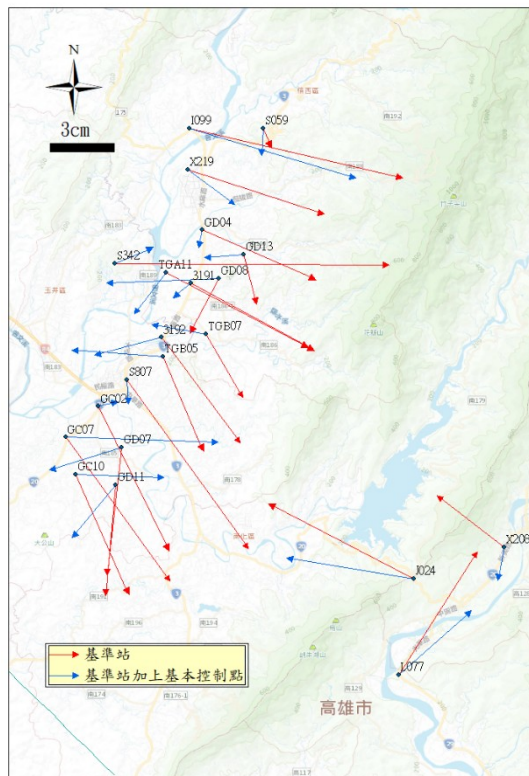


圖 2 臺南市玉井區及楠西區附近坐標較差圖

(二) e-GNSS[2021]轉換至 TWD97[2010]

600 個觀測點位中，計有 531 個點位獲得 2 次觀測成果且具 TWD97[2010]公告坐標，其坐標較差統計情形如表 3，各點較差量級

及方向如圖 3。只使用基準站建置模型之轉換結果與公告坐標較差之中誤差在 N 方向為 3.9 公分，E 方向為 3.7 公分，h 方向為 6.6 公分；使用基準站加上基本控制點建置模型之轉換結果與公告坐標較差之中誤差在 N 方向為 3.9 公分，E 方向為 3.5 公分，h 方向為 7.0 公分，只使用基準站之成果與使用基準站加上基本控制點之成果無明顯差異。

表 3 兩模型 e-GNSS[2021]轉換至 TWD97[2010]坐標較差統計表(單位：m)

共同點 分量	基準站			基準站加上基本控制點		
	N	E	h	N	E	h
最大值	0.230	0.245	0.351	0.188	0.250	0.322
最小值	-0.286	-0.193	-0.198	-0.278	-0.194	-0.193
中誤差	0.039	0.037	0.066	0.039	0.035	0.070
平均值	-0.001	-0.004	0.049	-0.006	-0.001	0.018

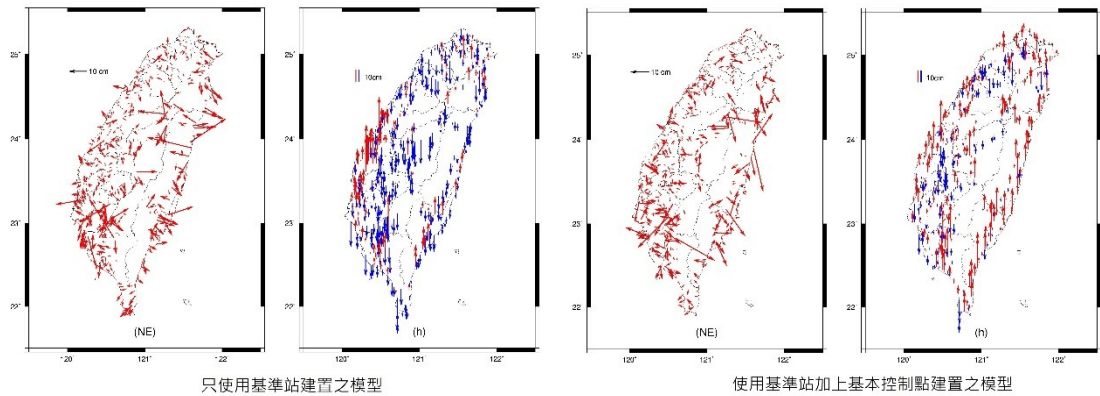


圖 3 兩模型 e-GNSS[2021]轉換至 TWD97[2010]坐標較差圖

四、 結論與建議

本研究分別使用基準站及基準站加上基本控制點作為共同點，建置 e-GNSS[2021]轉換至 TWD97 及 TWD97[2010]坐標系統之轉換模型，研究增加轉換模型共同點數量對轉換精度之影響。研究結果顯示，使用基準站加上基本控制點之成果僅在 e-GNSS[2021]轉換至 TWD97 時略優於只使用基準站之成果，在 e-GNSS[2021]轉換至 TWD97[2010]則無明顯差異。另外若僅比較臺南市玉井區及楠西區附近 e-GNSS[2021]轉換至 TWD97 之結果，則顯示增加共同點後大幅提升 N 方向精度，並降低系統性偏移量。上述結果研判可能的原因，應係原本只使用基準站之模型，已足夠反應大部分地表變動情形，因此以均勻分布之點位檢核模型之結果，與增加基本控制點之模型無明顯差異，但若縮小至局部小範圍來看，在臺南市玉井區及楠西區則明顯改善許多，故增加局部地區共同點，可有效提升該地區轉換精度。

本研究規劃時僅特別就臺南市玉井區及楠西區增加轉換模型共同點，後續若有 e-GNSS 系統使用者反應其他地區轉換精度較差，或有部分地區轉換結果有系統性偏移量時，則可透過本研究結果持續精進 e-GNSS 系統三維坐標轉換模型精度。