

探討南投縣仁愛鄉聖本篤加油站一帶之 UAV 建模品質

李易諭*、陳國威、陳振宇、黃德秀

UAV 已廣泛運用於災後的現地調查，其空拍成果所建置的地表數值模型 (Digital Surface Model, DSM) 與正射影像，為後續災害分析的重要依據。但現地調查易遭遇環境條件不佳的挑戰，如交通不可及導致地面控制點難以布設、調查範圍過大需分區規劃航拍任務、空拍成果必須先分段產製再拼接等情況，將影響 UAV 模型品質，因此確保 UAV 航拍產製之 DSM 與正射影像具現地空間重現性極其重要。本研究以南投縣仁愛鄉聖本篤加油站及其上游投縣 DF013 土石流潛勢溪流為研究範圍，本次調查的範圍長 1.6 公里，面積約 40 公頃，上下游高程差達 300 公尺。受限於飛行高度 120 公尺與 UAV 電池續航力，空拍任務分成上、中、下游共 3 個區域進行，並在人力可及處設置 5 個地面控制點，進行 UAV 拍攝與建模探討。

本研究利用 Drone2Map 軟體針對有無分區、(有／無／手動增加)控制點等條件，分別建置上、中、下游與整段河道共 4 種模型。各模型河道縱剖面比對顯示，有加入 RTK 地面控制點所產製的 DSM 模型相當吻合現地的地表起伏；而手動在影像上加控制點的 DSM 模型，其邊緣出現較大的高程落差，但於控制點範圍內模型仍可有效反映現地的空間分布；至於無控制點的 DSM 模型，其與現地高程落差達 50 至 70 公尺。正射影像比對顯示，加入地面控制點之正射影像上的控制點中心與實際 RTK 點位的水平向偏差於 20 公分以下，反之在無控制點的模型中，偏差可達 2 至 10 公尺。

關鍵字：UAV、地表數值模型、正射影像、地面控制點、現地調查

研究課題

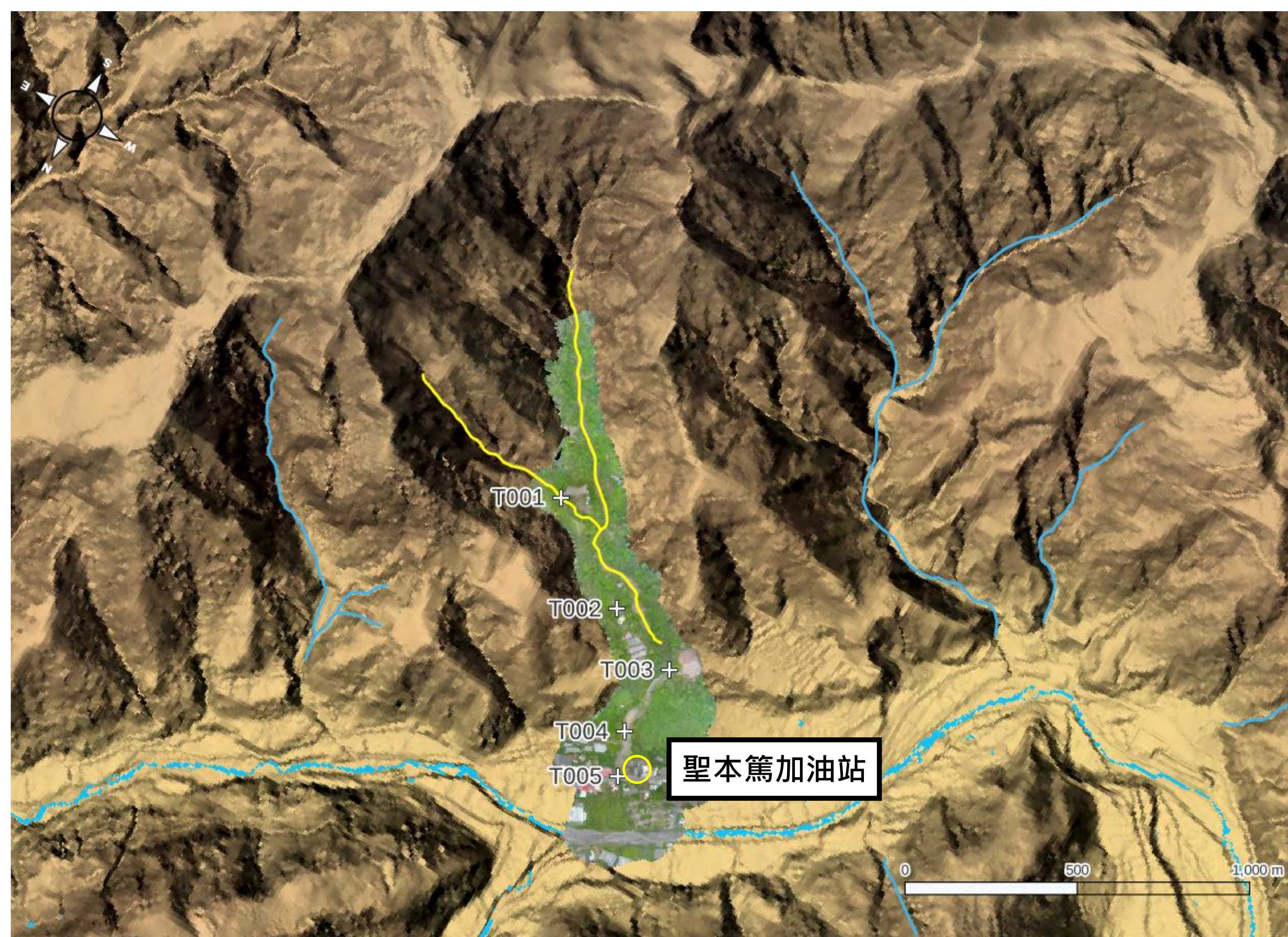
UAV已廣泛運用於災後的現地調查，由空拍影像建置的模型為災害分析時的重要依據，其模型品質將影響後續的加值應用。本研究探討UAV作業時常見的狀況對於模型品質的影響，並提出相關外業調查與後續影像建模的建議。

現地狀況

1. 拍攝範圍內難以布設控制點。
2. 拍攝面積或高程過大而必須分區進行UAV作業。

研究方式

利用Drone2Map軟體分別建置上、中、下游，及整段河道有/無/手動增加控制點的模型，比較正射影像上的控制點與實際在現地量測的座標偏移狀況，及DEM上河道剖面的高程差異，做為判斷模型品質的依據。



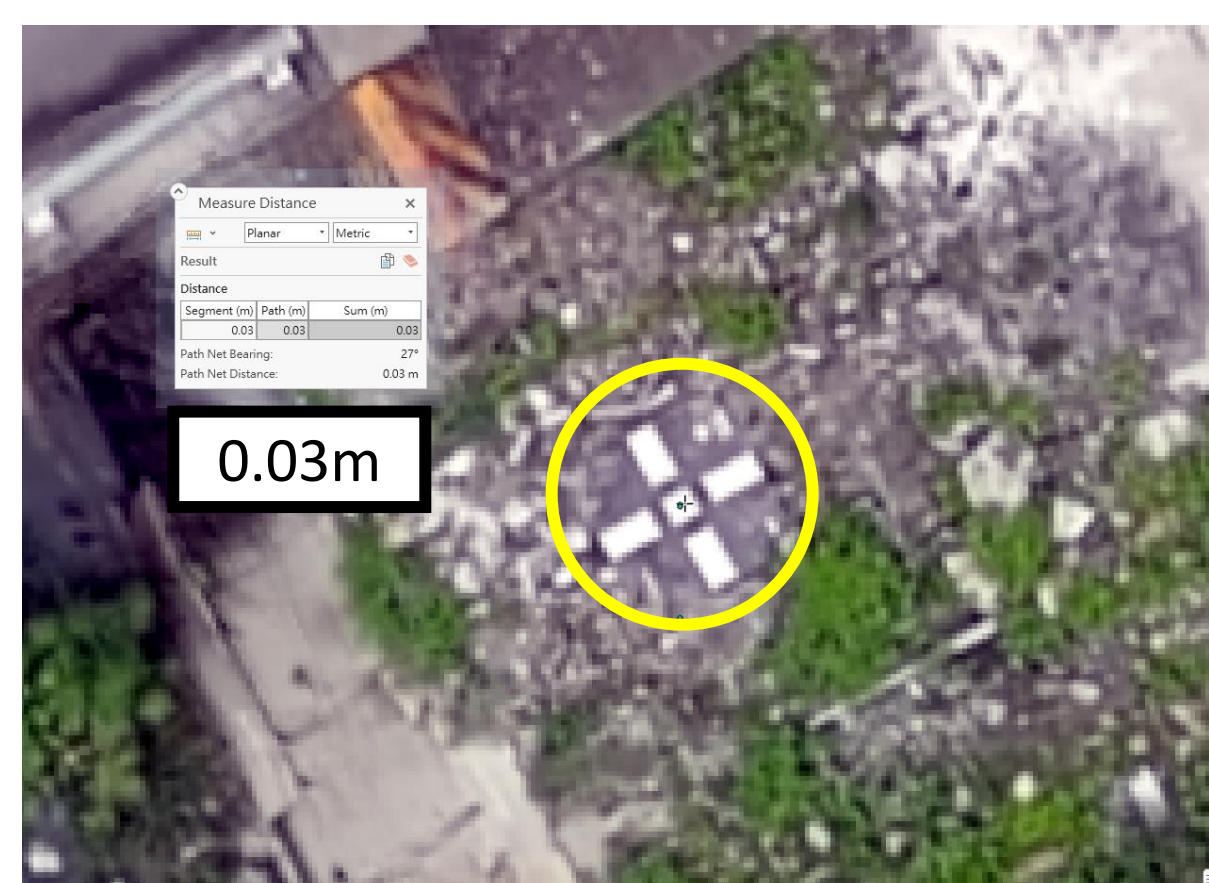
圖一、UAV作業的地點：南投縣仁愛鄉聖本篤加油站旁的土石流潛勢溪流（投縣DF013）。從上游到下游分別布設了5個控制點（T001-T005），拍攝時共分成上、中、下游3個區塊，拍攝面積約40公頃。

討論一、正射影像上控制點的偏移狀況

單位：公尺	T001	T002	T003	T004	T005
水平誤差(下游，無GCP)	x	x	8.440	8.832	8.837
水平誤差(下游，有GCP)	x	x	0.005	0.017	0.024
水平誤差(中游，無GCP)	2.278	6.596	9.768	x	x
水平誤差(中游，有GCP)	0.032	0.020	0.027	x	x
水平誤差(上游，無GCP)	4.351	x	x	x	x
水平誤差(上游，有GCP)	0.234	x	x	x	x
水平誤差(整段，無GCP)	5.423	7.489	9.351	10.469	10.855
水平誤差(整段，3GCPs)	0.046	0.152	0.034	0.150	0.025
水平誤差(整段，5GCPs)	0.007	0.019	0.014	0.033	0.028
垂直誤差(下游，無GCP)	x	x	64.759	62.278	62.159
垂直誤差(下游，有GCP)	x	x	0.108	0.056	0.125
垂直誤差(中游，無GCP)	54.168	50.451	47.943	x	x
垂直誤差(中游，有GCP)	0.091	0.070	0.002	x	x
垂直誤差(上游，無GCP)	56.041	x	x	x	x
垂直誤差(上游，有GCP)	1.479	x	x	x	x
垂直誤差(整段，無GCP)	54.183	56.405	57.388	61.785	64.334
垂直誤差(整段，3GCPs)	0.107	0.035	0.130	0.005	0.056
垂直誤差(整段，5GCPs)	0.036	0.020	-0.008	0.050	0.010



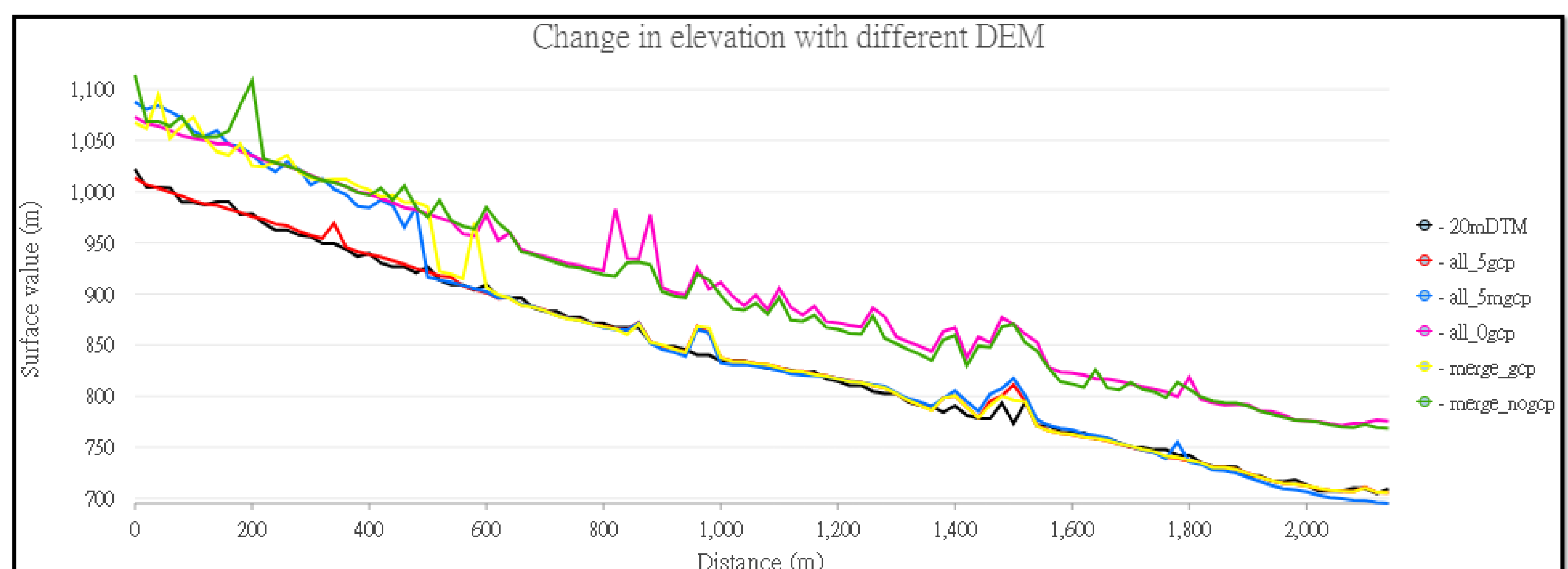
圖二、未加控制點的正射影像上的控制點T005與外業量測的座標的位置偏移狀況。



圖三、有加控制點的正射影像上的控制點T005與外業量測的座標的位置偏移狀況。

表一、不同模型建置的條件下，正射影像上的控制點中心與外業量測的座標偏差統計。

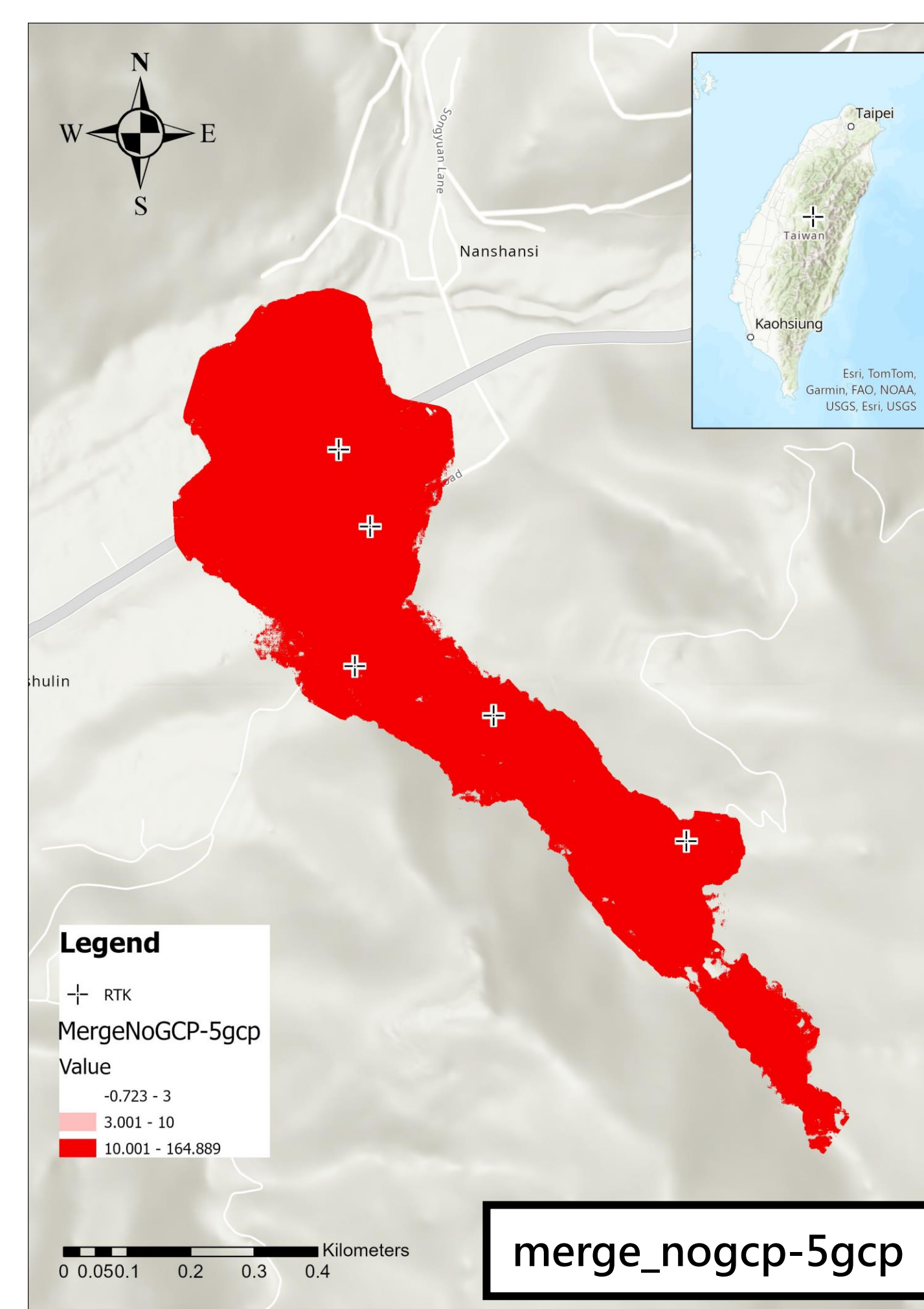
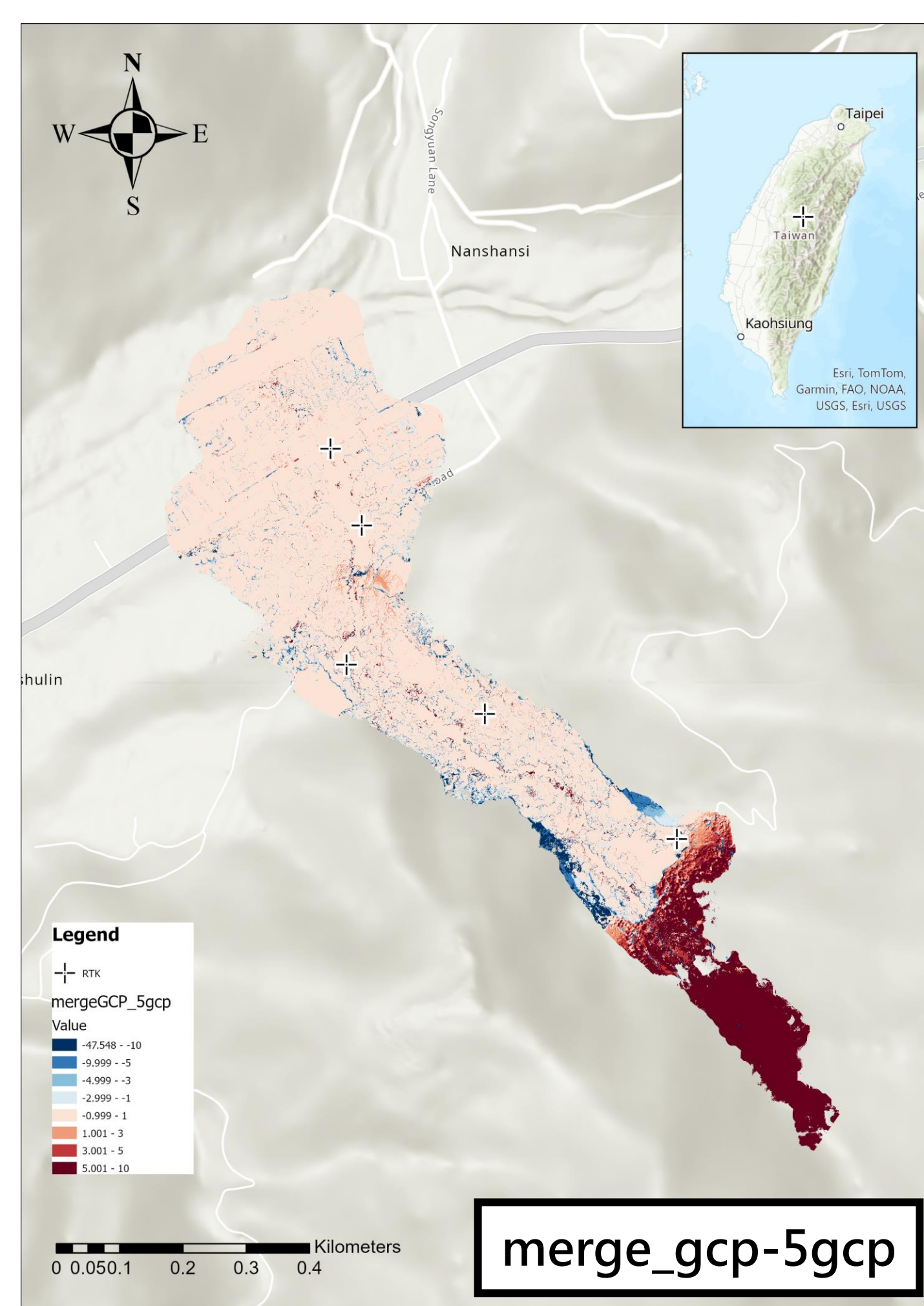
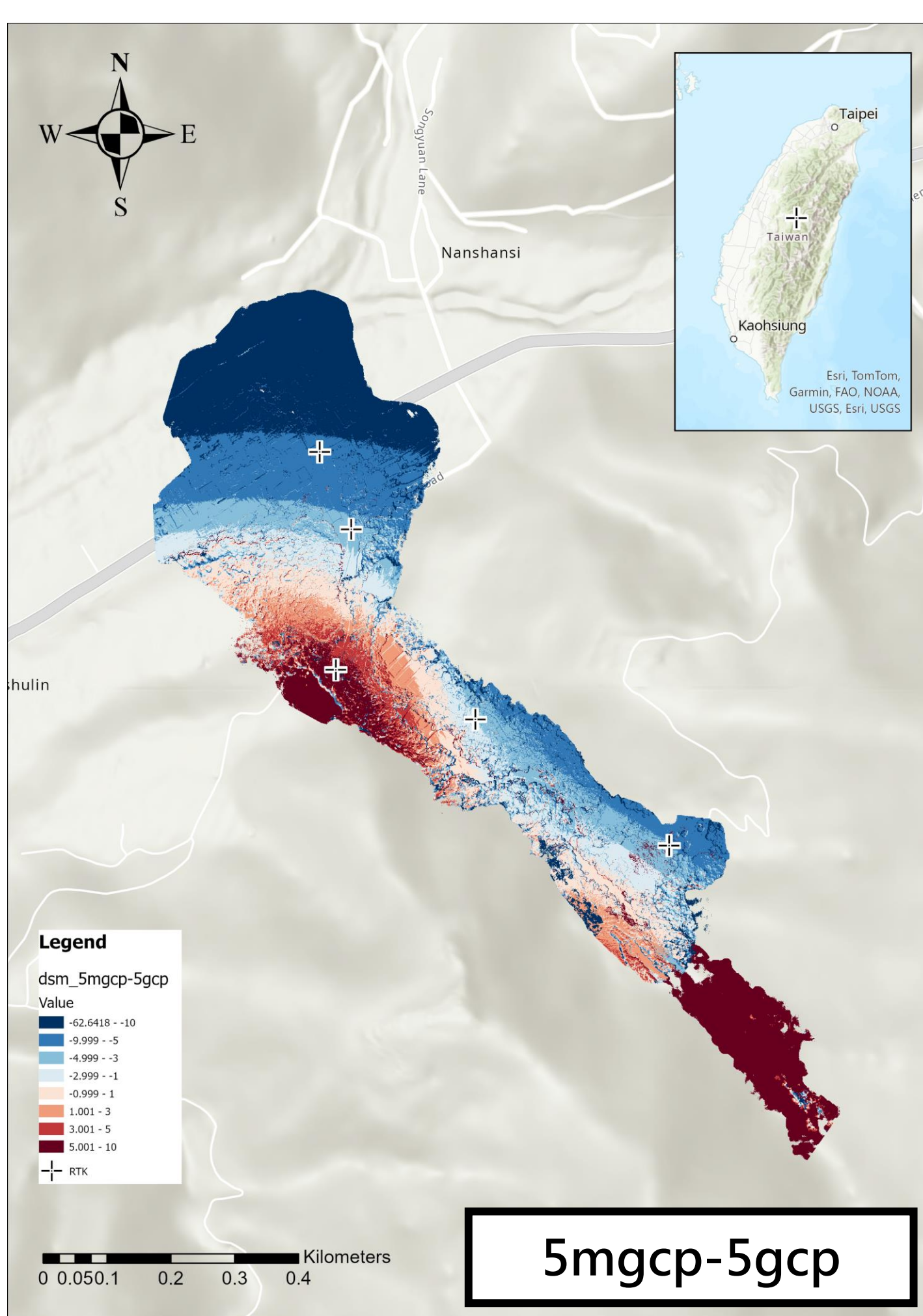
討論二、DEM上河道剖面的高程差異



圖四、不同模型建置條件下，DEM上河道剖面的高程變化，圖例請見下方文字說明。

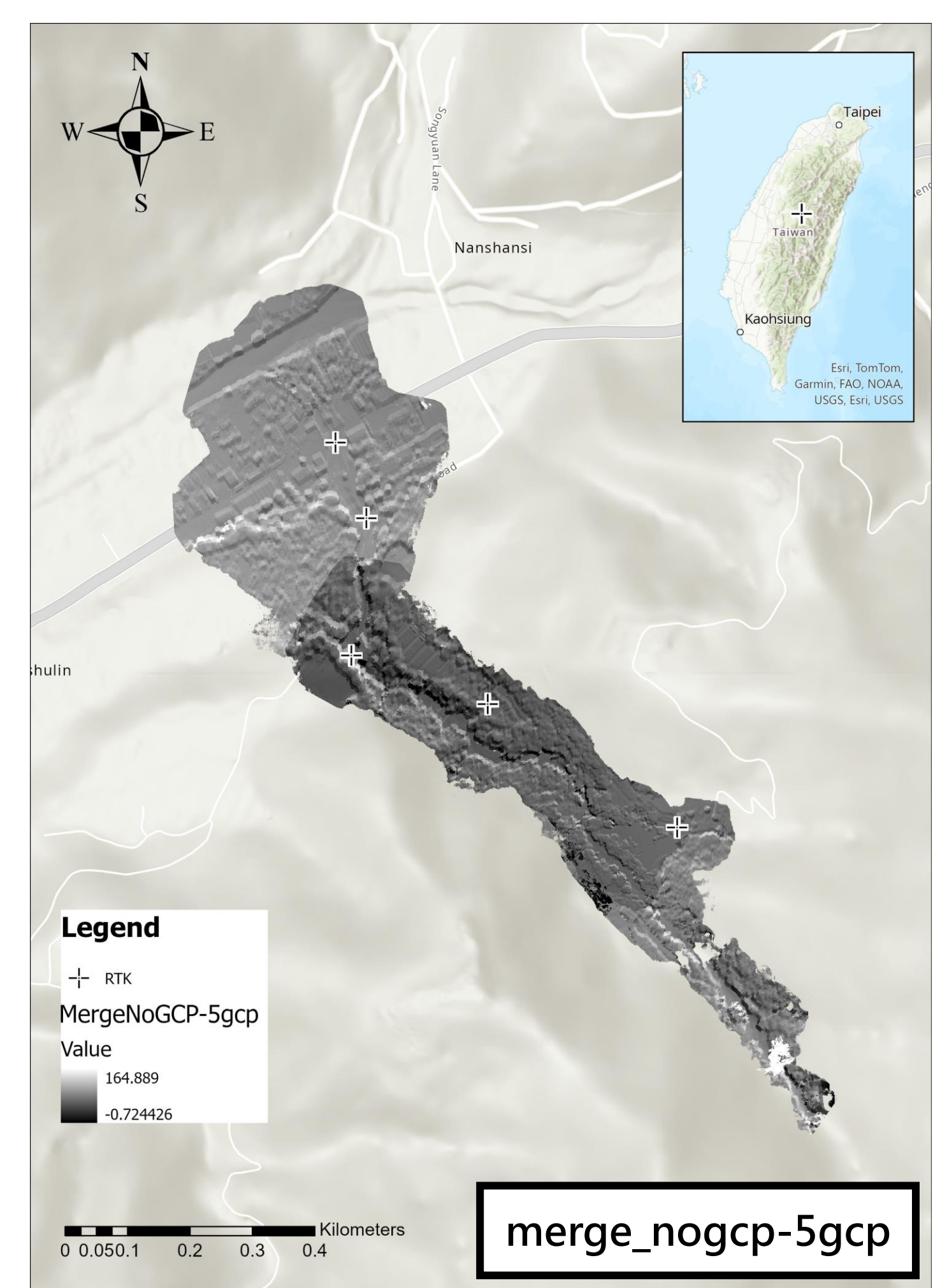
- 20mDTM：內政部2022年公布的20米DEM，為本研究的比較基準。
- all_5gcp：整段河道加入外業調查布設的地面控制點T001-T005所建置的模型。
- all_5mgcp：整段河道加入手動在影像上建立的5個控制點後所建置的模型。
- all_0gcp：未加入任何控制點，直接用整段河道的所有空拍照所建置的模型。
- merge_gcp：合併分區建置的模型，各區模型建置時均有3個控制點。
- merge_nogcp：合併分區建置的模型，各區模型建置時未加入任何控制點。

討論三、各DEM和all_5gcp的DEM相減後的成果



圖五、DEM相減的結果。因all_5gcp模型的地形起伏相當吻合20米DEM，故以其做為計算基準。在左圖中越遠離河道的區域，其模型的高程偏差越大；中間圖顯示此模型僅在河道上游處有顯著的高程偏差，可能是空拍影像重疊率不足的緣故；右圖則因模型不含控制點，其高程系統無法與正高匹配，偏移量極大。

討論四、DEM接縫問題



圖六、DEM接縫問題。由於模型未加入控制點解算，不同航區的高程無法有相同的基準所致。

結論與建議

- DEM資料與正射影像均顯示，在加入控制點後的資料品質有顯著的提升，精度可以從數十公尺降至數十公分、甚至是數公分。因此若外業調查時的狀況允許，建議要設置地面控制點，以提升後續模型品質。若無法在現地布設地面控制點，則建議提高重點觀察範圍內的影像重疊率，並利用現有的影像手動添加控制點，以提高模型品質。
- 對於DEM的建置而言，若分區拍攝時有足夠的控制點（3個以上）及影像重疊率，則其後續拼接的DEM與整段河道一次建置的DEM間的差異不大。若電腦效能不足者，可先分區建置DEM，最後再合併成整個區域的DEM，以減少電腦運算時間。