# 國立政治大學 第100 學年度第2 學期 大學城規劃研究結案報告書

# 利用 Google Earth 取得航測地面控制點 建置貓空地區三維地形模型

計畫主持人:林士淵、陳聖智 計畫參與人:高佳瑋、廖雅虹 在政大大學城及校園規劃計畫中,對於規劃區域內之景觀計畫、建築計畫、 環境改善、交通規劃等方面之工作,皆需仰賴計畫區域地形及空間的相關基本資 訊,而航空攝影測量所建置的三維數值地形模型,為呈現計畫區域地形最為有效 之方式,藉由數值地形模型的展示,可清楚的瀏覽空間地物與地形的分布。對於 航空攝影測量而言,地面控制點的設置與取得是不可或缺的,地面控制點的資訊 會影響影像及地面坐標系的套合程度,一般而言,取得地面控制點的方式有 GPS 與導線測量兩種,但木柵及貓空地區氣候較為濕冷、天氣多為陰雨,測量作業易 受自然因素影響,且政大大學城的計畫區域中,包含了政大校園周邊區域及貓空 山區,其範圍廣大且許多地方交通不甚便利,儀器的實地測量作業可能耗費大量 人力與交通成本。

據此,本計畫擬提出一套作業流程,以 Google Earth 取得航測地面控制點, 亦即將航空攝影測量的外業控制測量工作內業化,藉此減少傳統控制測量施測時 受到自然因素、環境、交通的影響,也能提高時間效率與降低人力成本。將透過 此方法所取得的控制點資訊利用於航空攝影測量中,經由不同的控制點數量、分 布狀況以及影像的匹配方式,解算並製作出大學城計畫範圍內部份貓空地區的三 維地形模型,並互相進行比較,藉此確定本計畫提出之控制點取得方式所能獲得 數值地形模型的品質,依此可快速的展示地形並提供足夠的空間資訊,使大學城 計畫中區域、交通、建物等初步規劃作業更順利進行。

# 二、研究流程與方法

根據上述前言與研究背景,本研究流程首先進行 Google Earth 程式中坐標精 度檢驗,再使用 Google Earth 軟體中所提供的資料進行航空攝影測量,並探討 Google Earth 中所提供的坐標資料於航空攝影測量的應用是否可行,而不同的控 制點設置對成果又有何影響。研究流程如圖一所示。



## 三、實驗設計

本實驗設計主要分為研究區域選取、Google Earth 坐標精度的檢驗、控制點 的選取設置以及成果檢核四部分,分述於下列四項。

#### (一)研究區域與資料

本研究所選定的實驗區域為包含政治大學校區的貓空山區,有交通不便、氣 候潮濕多雨等區域特性,考量其區域特性對地面控制測量施測產生不便,希望藉 由這次研究確認此控制點取得方式的可行性。

研究中所使用的影像為農林航空測量所於民國 96 年以 RMKTOP15 相機拍 攝的三張 16860×16860 航照影像, 位於 96R009 航帶, 解析度為 1814 dpi。

#### (二) Google Earth 地面點坐標資訊精度檢驗

在 Google Earth 程式中,不僅有影像作為地物的辨識與應用,更提供了坐標 及高程資訊可供使用,但其資訊來源與精度並不清楚,因此本文以 GPS 衛星量 測方式作為基準,與 Google Earth 上取得坐標資訊相比較,得出於 Google Earth 上坐標平面與高程的估計精度。

#### 1、GPS 衛星量測方式規劃

為使不同地形都有作為基準的坐標資訊,並考量 GPS 量測方法設站條件, 例如:對空通視良好、交通便利、避免電磁波與平滑表面等特點,分別於平地、 山腰、建物樓頂等不同高度或地形,找尋適當的地面特徵點進行 GPS 量測,經 轉換後得到這些點位 TWD97 系統之平面坐標,另使用內政部地政司衛星測量中 心的台灣地區大地起伏計算程式計算出各點的大地起伏,再將各點的橢球高轉換 為正高資料。以此各點之三維坐標成果作為比較之基準。

#### 2、Google Earth 坐標取得原則

Google Earth 軟體中,提供的影像資料來源與影像攝取時間皆有差異,本文 於 Google Earth 中不同時間的影像中取得與 GPS 設站點的大地坐標與正高,並 以中央研究院提供的坐標轉換程式將大地坐標轉換為 TWD97 系統的平面坐標, 使其與本實驗所使用之基準系統一致。

#### 3、檢核

比較上述同一點位但以二種方式取得之坐標,估計分析 Google Earth 取得地面點的精度範圍,並探討地形差異與不同時間的影像對地面點精度的影響。

#### (三)影像中控制點選取與坐標量測

於瞭解 GE 控制點之特性後,本研究將參照其特性,在涵蓋實驗區之三張航 空影像重疊部分大致平分為九塊區域,並在每一個區域中選取易辨識且長期存在 的適當地物點作為地面控制點,再於 Google Earth 中對應點位取得其坐標資訊, 並轉換至基準坐標系統,用於航空攝影測量處理。 為探討控制點的影響,本研究使用坐標的精度參數及控制點類型差異與分布 作為變數:在精度參數的部分分為兩組,一組是以 Google Earth 坐標精度特性作 為參考依據,僅依 Google Earth 影像中點位的清晰程度作為設定精度參數的根據; 另一組則是考慮到地形的分布、地面點的穩定程度,以及於 Google Earth 上的影 像品質,調整其精度分配,每一組樣本又依控制點的類型設定及分布狀況分為兩 類,分別為將控制點全數設為全控點及於三種不同地形平均各設一全控點,其作 業流程如圖二所示。



圖二 控制點變數設定流程圖

#### (四)成果檢核

檢核設計分為兩部分,一為比較不同控制點條件設定之下,由 Google Earth 程式取得地面控制點進行空中三角測量平差後的成果;另一部分則是比較分析不 同地面控制點設定所產製數值地表模型(DSM)成果的差異。

#### 1、空中三角测量平差檢核

空中三角測量,是依據少數控制點地面坐標資訊以及在影像中的量測,決定 相機外方位參數和影像中所有連結點、控制點的物空間坐標,又可依進行方式分 為類比、半解析與解析空中三角測量三種,其中,本研究使用解析空中三角測量 方式,分別對各組不同控制點變數設定下的影像進行平差解算。根據內政部高解 析度及高精度數值地形模型測製規範(王蜀嘉、曾義星,2003)提及數值地形模 型的精度定義為模型高程與其所欲代表真值之間的均方根值(Root Mean Square Error, RMSE),藉由解析空中三角測量平差取得各組變數下影像解算的 RMSE 成 果,由此分析判斷控制點變數與空中三角測量成果精度之間的關聯。

#### 2、數值地形模型檢核

- (1)採用 GE 控制點於航空攝影測量,使用 SOCET SET 程式產生 DSM 成 果,進行分析比較,判別不同控制點設定之下產生的 DSM 差異,並分 析控制點分布方式及精度參數設定對 DSM 精度有何影響。
- (2) 將 DSM 編修為 DTM 並進行比較分析。

# 四、實驗成果與分析

根據第四部分的實驗設計,本研究所得實驗成果與分析如下。

## (一) GE 控制點精度分析

Google Earth 提供的坐標資訊並無確切資料可作為其精度依據,故在使用該 坐標資訊前,先進行坐標精度的估計。為探討 Google Earth 所提供的空間資訊精 度,以及影響精度的因素,使用 Leica GFU-15 GPS 天線與 Leica ATX1231GG 進 行 GPS 即時動態測量 (Real Time Kinematic, RTK),在三維定位精度約為2公分 下,取得的坐標資訊作為基準,另為便利成果的分析比較,將 GPS 測得橢球高 配合大地起伏計算程式所得大地起伏,轉換為正高,坐標資訊與轉換後正高值如 表一。

| 點號    | Х          | Y           | Н       |
|-------|------------|-------------|---------|
| 棒球場   | 307780.627 | 2764025.219 | 16.765  |
| 藝中停車場 | 307627.446 | 2763793.707 | 48.925  |
| 山頂涼亭  | 308197.804 | 2763682.157 | 114.582 |
| 商院    | 308185.586 | 2764429.411 | 56.088  |
| 萬壽橋   | 307777.318 | 2764944.042 | 15.999  |
| 深坑    | 311323.499 | 2765911.554 | 31.299  |
| 萬芳    | 306169.309 | 2765747.699 | 15.087  |
| 動物園   | 308370.021 | 2765731.672 | 18.799  |
| 實踐國小  | 306230.351 | 2763997.121 | 16.987  |

表一 以 GPS 量测方法取得坐標資訊(單位:公尺)

對照 GPS 取得的地面特徵點位置,利用 Google Earth 取得不同時間影像中 各點位的坐標資訊,經過坐標轉換後得平面 TWD97 坐標值及由 Google Earth 取 得的正高資料同表二,其中,表格中斜線欄位表示該時期影像中點位模糊,或地 物改變造成地面特徵點無法在影像中辨識。

|       | 2005 2     |             |     | 2006       | 2006 2010   |     |             | 2011        |    |             |             |     |
|-------|------------|-------------|-----|------------|-------------|-----|-------------|-------------|----|-------------|-------------|-----|
| 脳     | Х          | Y           | H   | Х          | Y           | H   | Х           | Y           | Н  | Х           | Y           | Н   |
| 棒球場   | 307788.012 | 2764022.092 | 23  | 307782.662 | 2764026.685 | 23  | 307779.049  | 2764019.285 | 23 | 307782.103  | 2764027.605 | 23  |
| 藝中停車場 | 307629.971 | 2763791.892 | 49  | 307629.397 | 2763793.735 | 48  | 307628.838  | 2763794.657 | 48 | 307630.229  | 2763797.740 | 47  |
| 山頂涼亭  | 308191.870 | 2763686.578 | 121 | 308196.341 | 2763689.366 | 120 |             |             |    | 308197.499  | 2763682.909 | 121 |
| 商院    |            |             |     | 308186.468 | 2764430.541 | 27  |             |             |    |             |             |     |
| 萬壽橋   | 307781.611 | 2764940.817 | 22  | 307778.799 | 2764942.037 | 22  | 307764.4857 | 2764944.129 | 22 |             |             |     |
| 深坑    |            |             |     | 311328.257 | 2765913.466 | 32  | 311338.6367 | 2765912.898 | 32 | 311330.4841 | 2765916.553 | 32  |
| 萬芳    |            |             |     | 306167.552 | 2765747.314 | 24  | 306165.6963 | 2765746.998 | 24 |             |             |     |
| 動物園   |            |             |     |            |             |     | 308371.0461 | 2765732.535 | 22 | 308367.6741 | 2765734.983 | 22  |
| 實踐國小  |            |             |     |            |             |     | 306242.9093 | 2763990.121 | 23 |             |             |     |

表二 於 Google Earth 取得地面特徵點坐標資訊(單位:公尺)

將前述取得的兩項資料進行分析比較,以 Google Earth 坐標減去 GPS 坐標 之成果如表三所示。根據時間、地形及影像清晰程度分析可知,單就影像拍攝時 間而言,會因地表樣貌的改變,使地面特徵點減失,但與坐標精度沒有強烈的關 連性,以時間資料較其全的棒球場與藝中停車場兩個點位做說明,可發現棒球場 的點位在四個不同時期的影像中,愈近期的影像中取得的 X 坐標精度愈高,但 Y 坐標並沒有同樣的趨勢,另外,藝中停車場的平面坐標與影像拍攝時間上也沒有 顯著關聯。

在地形分析的部分,從 2006 年的資料進行,其中,分為地勢較低平的點位 如棒球場、萬壽橋、萬芳及深坑,位於建物頂端的商院,在山腳平坦地的藝中停 車場,以及半山腰的山頂涼亭,由上述各點坐標差值的資料可歸納出地形與地面 特徵點的坐標資訊並沒有直接而強烈的影響,另建物高程精度(29.088 公尺)較 地面點的高程精度(10 公尺內)差。

|       |        | 2005 2006 |       |        | 2010   |         |         | 2011   |        |        |       |        |
|-------|--------|-----------|-------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|--------|-------|--------|
| 點位    | ΔX     | ΔY        | ΔH    | ΔX     | ΔY     | ΔH      | ΔX      | ΔY     | ΔH     | ΔX     | ΔΥ    | ΔH     |
| 棒球場   | 7.385  | -3.127    | 6.235 | 2.035  | 1.466  | 6.235   | -1.578  | -5.934 | 6.235  | 1.476  | 2.386 | 6.235  |
| 藝中停車場 | 2.525  | -1.815    | 0.075 | 1.951  | 0.028  | -0.925  | 1.392   | 0.950  | -0.925 | 2.783  | 4.033 | -1.925 |
| 山頂涼亭  | -5.934 | 4.421     | 6.418 | -1.463 | 7.209  | 5.418   |         |        |        | -0.305 | 0.752 | 6.418  |
| 商院    |        |           |       | 0.882  | 1.130  | -29.088 |         |        |        |        |       |        |
| 萬壽橋   | 4.293  | -3.225    | 6.001 | 1.481  | -2.004 | 6.001   | -12.832 | 0.088  | 6.001  |        |       |        |
| 深坑    |        |           |       | 4.758  | 1.912  | 0.701   | 15.138  | 1.344  | 0.701  | 6.985  | 4.999 | 0.701  |
| 萬芳    |        |           |       | -1.757 | -0.385 | 8.913   | -3.613  | -0.701 | 8.9133 |        |       |        |
| 動物園   |        |           |       |        |        |         | 1.025   | 0.863  | 3.201  | -2.347 | 3.311 | 3.201  |
| 電路    |        |           |       |        |        |         | 12.559  | -6.999 | 6.0133 |        |       |        |

表三 Google Earth 與 GPS 方法取得坐標資訊差值(單位:公尺)

若以影像清晰程度判斷,取2006與2010年萬壽橋與深坑兩個點位進行分析, 由圖三的比較發現兩個點位的共通點為2006年影像中的清晰程度皆較2010年影 像高,而所得出的平面坐標精度整體上以2006年較佳,故歸結點位於影像上的 清晰程度會影響點位平面坐標的精度。

綜合以上各段分析與表三的資料統整,去除影像品質不佳的模糊像點及高程 精度不佳的建物頂端,估計於 Google Earth 上取得的地面點平面坐標與高程精度 範圍皆約為 0~10 公尺。



圖三 GE 控制點影像截圖。左上:2006 年萬壽橋。右上:2010 年萬壽橋。左下: 2006 年深坑。右下:2010 年深坑。

# (二)空中三角测量平差分析

根據前述實驗設計中的控制點選取方式於影像重疊區域取得平均分布的九個地面控制點,但參考上述 Google Earth 精度先驗分析所得結果與分析內容,考 慮建物頂端高程資料的精度較差及影像中點位模糊不清會降低平面坐標的精度, 因此捨去影像右上端無法在 Google Earth 影像中清晰呈現的地面特徵點,將各點 單就在 Google Earth 影像中的清晰程度設定精度參數作為樣本組 A(參見表四), 另考量點在航空影像中清晰程度、Google Earth 影像清晰程度及地形分布,適當 設定其精度參數做為樣本組 B(參見表四),此設定參數於 SOCET SET 程式中為 點的精度範圍,以公尺為單位,數字愈小於空中三角測量解算的權愈重,本研究 針對 Google Earth 坐標精度範圍估計為 0~10 公尺,故精度參數設定不超過此範 圍。 表四 控制點精度參數設定,其中組A為依Google Earth影像清晰程度設定精度 參數,組B為依Google Earth影像清晰程度與地面點穩定度,並參考地形設定精

| 精度參數 | Α ( | 單位:公尺 | B (單位:公尺) |   |   |   |  |
|------|-----|-------|-----------|---|---|---|--|
| 點號   | Х   | Y     | Z         | Х | Y | Ζ |  |
| cp1  | 5   | 5     | 5         | 5 | 5 | 5 |  |
| cp2  | 6   | 6     | 7         | 5 | 5 | 5 |  |
| cp3  | 7   | 7     | 6         | 8 | 8 | 8 |  |
| cp4  | 4   | 5     | 6         | 5 | 5 | 5 |  |
| cp5  | 6   | 7     | 6         | 7 | 7 | 7 |  |
| срб  | 6   | 6     | 6         | 5 | 5 | 5 |  |
| cp7  | 7   | 6     | 6         | 7 | 7 | 7 |  |
| cp8  | 6   | 6     | 6         | 5 | 5 | 5 |  |

度參數。

兩組不同控制點精度參數設定之下的樣本,再各自以控制點類別設定分為: 設八個地面控制點全為全控點(參見圖四左),根據地形分別於平地、半山腰、 近山頂設定三個全控點,剩餘的地面控制點皆設為平面控制點(參見圖四右)。



圖四 控制點分布圖。左:全為全控點 (Ⅰ)。右:根據地形設定三全控點 (Ⅱ)。

上述四組不同變數的資料配合相同數量、分布的連結點進行空中三角測量平 差解算,可得出各組 RMSE 如表五所示。由表五所得資料進行分析,在精度參 數的不同設定下,控制點類別設定 AI 與 BI 以及 AII 與 BII 的兩組 RMSE 差異不 明顯,說明精度參數設定對空中三角測量平差的解算成果影響不大,而在同樣的 精度參數之下,AI 與 BII 在高程上的 RMSE 差異接近 5 公尺,同樣的情況也可 以在 BI 與 BII 上發現,且是以全部控制點皆設為全控點的類別解算成果較差, 從表四以及圖四的內容推測其差異是受控制點坐標來源精度與控制點類別設定 影響,由於 RMSE 為平差後點位坐標與真值的差異程度,一般以精度較高的點 假設為真值,而在控制點精度參數的設定中,雖有一定的根據做為設定標準,但 僅能估計精度範圍,無法精確設定其精度值,因此使控制點的權重連帶影響解算成果,全控點愈多可能出現估計精度值錯誤的可能性愈高,解算所得的 RMSE 也會較大。

| 性在安长机它 | 赤生 明 治 四 小 一 | RMSE |     |     |  |  |  |
|--------|--------------|------|-----|-----|--|--|--|
| 相反今数改尺 | 控制超频加政化      | Х    | Y   | Z   |  |  |  |
| А      | Ι            | 10.4 | 4.6 | 6.3 |  |  |  |
|        | II           | 10.3 | 4.3 | 0.7 |  |  |  |
| В      | Ι            | 9.8  | 5.2 | 6.3 |  |  |  |
|        | II           | 9.8  | 4.7 | 1.0 |  |  |  |

表五 空中三角測量平差解算成果。(單位:公尺)

# (三) 數值地表模型 (DSM) 分析

在控制點變數的設定部分,以坐標精度參數設定的差異分為A、B兩組樣本, A 組為單就 Google Earth 影像中點位清晰程度為依據(表四 A), B 為參考地形 及航測影像清晰度配合 Google Earth 影像做適當的參數調整(表四 B);而控制 點的類別設定則為 I-全為全控點(圖四左)及 II-依地形設定三全控點(圖四右), 利用 DSM<sub>AI</sub>、DSM<sub>AII</sub>、DSM<sub>BI</sub>、DSM<sub>BII</sub> 四組 DSM 成果相互進行疊圖(stack)與 剖面線分析比較探討各變數對 DSM 成果的影響。

#### 1、坐標精度參數設定分析

利用類別 I 的兩組 DSM 成果進行疊圖與剖面線分析,以 DSM<sub>AI</sub> 為紅波段, DSM<sub>BI</sub> 為線波段及藍波段形成一三波段影像,以下簡稱為 stack I (圖五),依據 其顏色初步判斷 DSM<sub>AI</sub> 與 DSM<sub>BI</sub>之間沒有太大差異,再以三條分別為東西向、 南北向以及東南-西北向剖面線進行分析 (圖五),每條剖面線以紅色實線表示 DSM<sub>AI</sub> 表面,綠色虛線代表 DSM<sub>BI</sub>,經由剖面線的比較分析,DSM<sub>AI</sub> 與 DSM<sub>BI</sub> 幾乎重疊合併,兩者的高程差不超過 3 公尺,說明控制點精度參數的設定差異在 全控點平均分布的情況下對製作 DSM 成果的影響不大。



圖五 stack I 影像與剖面線。由上至下分別為剖面線 1、剖面線 2、剖面線 3 分析圖。

另將類別 II 的兩組 DSM 成果進行分析,以 DSM<sub>AII</sub> 為紅波段,DSM<sub>BII</sub> 為綠 波段及藍波段形成三波段影像,簡稱為 stack II (圖六),由 stack II 的顏色分布 判別 DSM 成果亦無顯著區別,繪製三條分別為剖面線進行細部分析後,由剖面 線分析圖(圖六)可發現 DSM<sub>AII</sub>(紅色實線)與 DSM<sub>BII</sub>(綠色虛線)幾乎完全 重疊,也可顯示在根據地形分布設定全控點數量位置之下,控制點精度參數的設 定不影響輸出 DSM 成果。



圖六 stack Ⅱ影像與剖面線。由上至下分別為剖面線 1、剖面線 2、剖面線 3 分析圖。

綜合上述兩個段落分析,不論是在上述哪一種控制點類型與分布的情形下, DSM 成果皆不受控制點精度參數的差異影響,因此歸結控制點精度參數對 DSM 成果輸出影響並不顯著。

#### 2、控制點類別設定分析

為得知控制點類別設定對 DSM 成果的影響,依精度參數的設定分為兩組進 行分析,使用 DSM<sub>AI</sub>為藍波段及綠波段,DSM<sub>AII</sub>為紅波段進行疊圖分析,簡稱 為 stack A (圖七), stack A 的顏色為左下方較偏紅色,而上方偏藍綠色,可初步 判斷 DSM<sub>AI</sub> 於影像上方高程較高,而左下方則為 DSM<sub>AII</sub> 較高,設計三條剖面線 進行細部分析,分別以綠線表示 DSM<sub>AI</sub> 表面,紅線代表 DSM<sub>AII</sub>,比較分析後發 現在東西走向的剖面線 1 中,兩者有 10~25 公尺的差異(圖七上),南北向的剖 面線 2 (圖七中)與東南-西北向的剖面線 3 (圖七下)則有差異隨位置而改變的 趨勢,位置離左上方愈遠,DSM<sub>AI</sub> 與 DSM<sub>AII</sub> 高程的差異愈大,配合圖四(右) 進行分析,可歸納出在 DSM<sub>AII</sub> 中沒有全控點分布的區域,與 DSM<sub>AI</sub> 的高程差異 較大。

以控制點精度參數設定 B 組的變數資料所產製的 DSM 成果進行另一組比較, DSM<sub>BI</sub>為藍波段及綠波段, DSM<sub>BII</sub>為紅波段進行分析, 簡稱為 stack B (圖八), 從 stack B 顯示的顏色可將影像分為兩個部分,以藍綠色調顯示影像右上方的高 程為 DSM<sub>BI</sub>大於 DSM<sub>BII</sub>, 而左下方則相反,規劃三條剖面線進行細部分析判斷 兩組 DSM 成果於具有共同全控點的區域高程較密合。

依據前一部分空中三角測量平差解算的 RMSE 分析成果,推斷 DSM<sub>II</sub> 精度 較 DSM<sub>I</sub> 佳 (表五),並結合歸納上述兩部分分析成果,DSM 成果會因控制點類 別與位置的設定而產生差異,且全控點的設置對高程有顯著影響,但全控點的數 量與精度不成正比。



圖七 stack A 影像與剖面線。由上至下分別為剖面線 1、剖面線 2、剖面線 3 分析圖。



圖八 stack B 影像與剖面線。由上至下分別為剖面線 1、剖面線 2、剖面線 3 分析圖。

#### 3、DSM 與 DTM 比較

將包含建物與樹木的數值地表模型進行編修之後,得到不包含地物的數值地 型模型(圖九),並進行比較。

放大圖九中的紅框部分(圖十右),與 DSM 中同一區(圖十左)塊進行比較,由影像中可發現,平地部分在 DSM 中有凹凸不平的建築物形狀,而在編修後的 DTM 成果中在平地則為均勻地面,可較清楚呈現自然地表樣貌。



圖九 編修後的 DTM 影像



圖十 左:5 公尺間距的 DSM 成果。右:編修後的 DTM 成果。

另外,利用 ENVI 影像處理軟體製作 Hillshading 影像(圖十一),從 DSM 與 DTM 的 Hillshading 影像進行比較分析,可發現編修之後的 DTM 較原始的 DSM 成果平滑,在平地部分更顯著。



圖十一 Hillshading 影像。左:DSM。右:DTM。

# 五、結論與建議

由上述實驗結果可得以下結論:Google Earth 的坐標資料使用於航空攝影測 量作業,雖坐標精度不及實測控制點,但由空中三角測量平差解算成果最佳可達 高程精度為1公尺得知,GE 控制點仍可有效降低時間與人力成本並製作有效 DSM,圖十二即為本計畫製成之DSM 套疊於 Google Earth 上之成果,可看出涵 蓋地區範圍與該地區之真實地形起伏。

唯在控制點的選取,應注意避免建物角點及影像模糊的地物點,以維持其精 度於一定範圍內,此外,在本次實驗範例中發現控制點的配置不需要太多全控點, 過多的全控點反而易導致成果精度降低,僅依影像資料平均分布少數全控點及平 控點即可。關於此點將在後續實驗中找到更多案例,測試是否具有一致性,或是 會隨個案之特性有所差異。

本研究利用控制點的設計作為變數比較其影響,其中控制點的精度參數設定 對航測成果沒有顯著的影響,類別的設定與分布對成果的精度影響較大,對於控 制點類別的設定分布與成果精度的影響,應可於後續加以探討,另對於產製 DSM 成果的精度,可於未來製作一組以實測地面點為控制依據的同區域 DSM 進行分 析研究,或是將本文製作編修之 DTM,與台灣 40 公尺解析度 DEM 或是 30 公 尺解析度 ASTER GDEM 比較,以瞭解本計畫提出方法之絕對精度。



圖十二 本計畫製成 DSM 涵蓋範圍。

# 參考文獻

- 王蜀嘉、曾義星(2003),高解析度及高精度數值地形模型測製規範工作報告。 高治喜、陳俊男、蔡榮得(2006),利用 GPS-RTK 加密航測控制點提高空三高程 精度之研究,測量工程,48:105-115。
- 陳信安(2007),衛星影像幾合校正控制點自動萃取與匹配之研究,國立台灣大 學理學院地理環境資源學系碩士論文。
- Wolf, P. R. and Dewitt, B. A., 2000. *Elements of Photogrammetry: with Applications in GIS*, 3<sup>rd</sup> edition, Boston, McGraw-Hill.