

章節目錄

章節目錄.....	I
圖目錄.....	III
表目錄.....	XIV
壹、前言.....	1
一、緣起.....	1
二、專案背景分析.....	4
三、工作項目.....	10
四、計畫工作流程及架構.....	13
五、工作進度規劃與執行情形.....	14
貳、DTM 資料管理與加值應用服務.....	18
一、DTM 加值應用網路服務平台維運.....	18
二、DTM 圖資供應平台維運.....	36
三、DTM 成果管理優化.....	51
參、技術服務.....	65
一、圖資隱碼技術研究及精進.....	65
二、影像三維建模高速運算資源服務.....	133
三、三維地理空間資料與影像圖資整合展示工具維運.....	140
肆、高精地圖供應服務.....	150
一、建立高精地圖資料供應機制.....	150
伍、成果推廣及行政配合事項.....	205
一、成果發表.....	205

二、	成果效益評估與計畫進度管考	211
三、	工作會議	213
陸、	結論與建議	215
一、	結論	215
二、	建議	218
柒、	參考文獻	220
附錄一、105 至 109 年資料儲存與備份使用容量統計表		
附錄二、數值地形模型加值應用服務平台網路服務平台模組說明書		
附錄三、異地備份服務資料還原演練測試紀錄		
附錄四、高程精度標準計算參考		
附錄五、自駕車資訊整合平台資料傳輸串接測試		
附錄六、DDS 傳送平台規格文件		
附錄七、3D GeoInfo 2020 國際研討會線上與會報告		
附錄八、GPM 管考工作進度月報表		
附錄九、各期報告審查意見辦理與回覆		
附錄十、系統測試與資安報告		

圖目錄

圖 1-1、等高線示意圖(摘自國土測繪中心之臺灣通用電子地圖).....	5
圖 1-2、專案工作項目執行流程架構.....	13
圖 2-1、服務平台系統環境架構圖.....	18
圖 2-2、DTM 應用加值網路服務平台架構.....	20
圖 2-3、DTM 資料倉儲及備份作業架構.....	21
圖 2-4、DTM 資料備份架構.....	22
圖 2-5、資料備份之 TSM CLIENT 介面.....	22
圖 2-6、備份資料及其備份路徑選擇.....	23
圖 2-7、備份資料傳輸介面.....	23
圖 2-8、DTM 加值應用服務平台架構.....	24
圖 2-9、TwDTM 架構示意圖.....	26
圖 2-10、TwDTM 各級元件實例.....	27
圖 2-11、「坡度分析 / 坡度分級影像 (7 級)」之操作介面.....	28
圖 2-12、「坡度分析 / 災害潛勢坡度分級影像」之操作流程.....	29
圖 2-13、多項 DTM 加值資料同步顯示.....	30
圖 2-14、TwDTM 下載網頁.....	31
圖 2-15、研習會課程活動照片-南部場.....	32
圖 2-16、研習會課程活動照片-北部場.....	33
圖 2-17、研習會課程活動照片-中部場.....	33
圖 2-18、研習會活動照片.....	35
圖 2-19、數值地形模型(DTM)及高精地圖(HD MAP)供應平台架構.....	36
圖 2-20、首頁紅框處新增操作問答按鈕.....	38

圖 2-21、操作問答頁面.....	38
圖 2-22、問答內容展開樣式.....	38
圖 2-23、申請表單新增圖幅選取模式按鈕示意圖.....	39
圖 2-24、視覺化圖幅框選取頁面示意圖.....	40
圖 2-25、確認圖幅框選取示意圖.....	41
圖 2-26、預覽申請內容.....	41
圖 2-27、HINET 專線/VPN+保密裝置架構圖.....	43
圖 2-28、資料單向傳輸閘道(DATA DIODE)+VPN+檔案加密保護架構圖.....	44
圖 2-29、檔案客製化保護封裝/檔案系統+VPN+檔案客製化保護解封裝架 構圖.....	46
圖 2-30、離線加密供應機制流程圖.....	50
圖 2-31、檢核程式執行流程圖.....	54
圖 2-32、檢核專案資料參數設定畫面.....	55
圖 2-33、檔案名稱與數目檢查與錯誤報告檔案視窗畫面.....	56
圖 2-34、HDR 檔檢核畫面.....	56
圖 2-35、HDR 檔錯誤報告頁面.....	57
圖 2-36、GRD 檔檢核畫面.....	57
圖 2-37、GRD 檔錯誤報告頁面.....	58
圖 2-38、GRD 檔案錯誤訊息頁面.....	58
圖 2-39、檢核報告存放之自訂工作目錄頁面.....	59
圖 2-40、DTM 成果資料庫管理頁面.....	60
圖 2-41、DTM 成果專案頁面.....	63
圖 2-42、DTM 成果清冊報表畫面.....	64

圖 3-1、圖點選擇示意圖.....	66
圖 3-2、版權資訊切割區塊示意圖.....	68
圖 3-3、版權資訊切割及重組示意.....	69
圖 3-4、SIGNIFICANT BIT 資訊嵌入示意圖.....	77
圖 3-5、以 QGIS 軟體開啟已加入明文版權宣告之 DBF 檔.....	77
圖 3-6、以 DBF 檔案檢視軟體開啟已加入明文版權宣告之 DBF 檔.....	78
圖 3-7、點物件嵌入圖點區間選擇示意圖.....	79
圖 3-8、點物件嵌入圖點間關係圖.....	80
圖 3-9、折線物件嵌入圖點區間選擇示意圖.....	81
圖 3-10、折線物件嵌入圖點間關係圖.....	82
圖 3-11、多邊形物件嵌入圖點區間選擇示意圖.....	83
圖 3-12、版權資訊嵌入流程.....	86
圖 3-13、版權資訊解析流程.....	86
圖 3-14、圖資檔案授權保護架構圖.....	88
圖 3-15、圖資檔案授權資訊解析架構圖.....	89
圖 3-16、圖資檔案授權資訊輸入畫面.....	90
圖 3-17、圖資檔案嵌入授權資訊完成畫面.....	91
圖 3-18、圖資檔案版權搜尋執行畫面.....	91
圖 3-19、圖資檔案搜尋識別 ID 完成畫面.....	92
圖 3-20、圖資檔案搜尋取得簡要版權 AES、ERT.....	92
圖 3-21、圖資檔案搜尋取得簡要版權資訊完成畫面.....	93
圖 3-22、圖資檔案取得完整版權 AES、ERT.....	93
圖 3-23、圖資檔案搜尋取得完整版權資訊完成畫面.....	94

圖 3-24、測試檔案範圍 (GRD)	95
圖 3-25、圖檔 (GRD) 嵌入版權資訊之測試畫面	96
圖 3-26、圖檔 (GRD) 版權資訊取回驗證畫面	96
圖 3-27、嵌入版權資訊之測試圖檔 (GRD) 進行區域切割的執行畫面 ...	97
圖 3-28、區域切割之測試圖檔 (GRD) 進行版權驗證的執行畫面	97
圖 3-29、嵌入版權資訊之測試圖檔 (GRD) 進行旋轉的執行畫面	98
圖 3-30、旋轉破壞之測試圖檔 (GRD) 進行版權驗證的執行畫面	98
圖 3-31、嵌入版權資訊之測試圖檔 (GRD) 進行捨位的執行畫面	99
圖 3-32、捨位破壞之測試圖檔 (GRD) 進行版權驗證的執行畫面	99
圖 3-33、嵌入版權資訊之測試圖檔 (GRD) 進行隨機誤差的執行畫面 .	100
圖 3-34、隨機誤差破壞之測試圖檔 (GRD) 進行版權驗證的執行畫面 .	100
圖 3-35、嵌入版權資訊之測試圖檔 (GRD) 進行高程平移的執行畫面 .	101
圖 3-36、高程平移破壞之測試圖檔 (GRD) 進行版權驗證的執行畫面 .	101
圖 3-37、測試檔案範圍 (GEO TIFF)	102
圖 3-38、圖檔 (GEO TIFF) 嵌入版權資訊之測試畫面	103
圖 3-39、圖檔 (GEO TIFF) 版權資訊取回驗證畫面	103
圖 3-40、嵌入版權資訊之測試圖檔 (GEO TIFF) 進行區域切割的執行畫面	104
圖 3-41、區域切割之測試圖檔 (GEO TIFF) 進行版權驗證的執行畫面....	104
圖 3-42、嵌入版權資訊之測試圖檔 (GEO TIFF) 進行旋轉的執行畫面....	105
圖 3-43、旋轉破壞之測試圖檔 (GEO TIFF) 進行版權驗證的執行畫面....	105
圖 3-44、嵌入版權資訊之測試圖檔 (GEO TIFF) 進行捨位的執行畫面....	106
圖 3-45、捨位破壞之測試圖檔 (GEO TIFF) 進行版權驗證的執行畫面....	106

圖 3-46、嵌入版權資訊之測試圖檔 (GEO TIFF) 進行隨機誤差的執行畫面	107
圖 3-47、隨機誤差破壞之測試圖檔 (GEO TIFF) 進行版權驗證的執行畫面	107
圖 3-48、嵌入版權資訊之測試圖檔 (GEO TIFF) 進行高程平移的執行畫面	108
圖 3-49、高程平移破壞之測試圖檔 (GEO TIFF) 進行版權驗證的執行畫面	108
圖 3-50、測試檔案範圍 (車載 LAS)	109
圖 3-51、圖檔 (車載 LAS) 嵌入版權資訊之測試畫面	110
圖 3-52、圖檔 (車載 LAS) 版權資訊取回驗證畫面	110
圖 3-53、嵌入版權資訊之測試圖檔 (車載 LAS) 進行區域切割的執行畫面	111
圖 3-54、區域切割之測試圖檔 (車載 LAS) 進行版權驗證的執行畫面 .	111
圖 3-55、嵌入版權資訊之測試圖檔 (車載 LAS) 進行捨位的執行畫面 .	112
圖 3-56、捨位破壞之測試圖檔 (車載 LAS) 進行版權驗證的執行畫面 .	112
圖 3-57、測試檔案範圍 (空載 LAS)	113
圖 3-58、圖檔 (空載 LAS) 嵌入版權資訊之測試畫面	114
圖 3-59、圖檔 (空載 LAS) 版權資訊取回驗證畫面	114
圖 3-60、嵌入版權資訊之測試圖檔 (空載 LAS) 進行區域切割的執行畫面	115
圖 3-61、區域切割之測試圖檔 (空載 LAS) 進行版權驗證的執行畫面 .	115
圖 3-62、嵌入版權資訊之測試圖檔 (空載 LAS) 進行捨位的執行畫面 .	116
圖 3-63、捨位破壞之測試圖檔 (空載 LAS) 進行版權驗證的執行畫面 .	116

圖 3-64、測試檔案內容 (HyDEM SHP)	117
圖 3-65、圖檔 (HyDEM SHP) 嵌入版權資訊之測試畫面	118
圖 3-66、圖檔 (HyDEM SHP) 版權資訊取回驗證畫面	118
圖 3-67、嵌入版權資訊之測試圖檔 (HyDEM SHP) 進行區域切割的執行畫面	119
圖 3-68、區域切割之測試圖檔 (HyDEM SHP) 進行版權驗證的執行畫面	119
圖 3-69、嵌入版權資訊之測試圖檔 (HyDEM SHP) 進行旋轉的執行畫面	120
圖 3-70、旋轉破壞之測試圖檔 (HyDEM SHP) 進行版權驗證的執行畫面	120
圖 3-71、測試檔案內容 (HD MAPS SHP)	121
圖 3-72、圖檔 (HD MAPS SHP) 嵌入版權資訊之測試畫面	121
圖 3-73、圖檔 (HD MAPS SHP) 版權資訊取回驗證畫面	122
圖 3-74、嵌入版權資訊之測試圖檔 (HD MAPS SHP) 進行區域切割的執行畫面	123
圖 3-75、區域切割之測試圖檔 (HD MAPS SHP) 進行版權驗證的執行畫面	123
圖 3-76、嵌入版權資訊之測試圖檔 (HD MAPS SHP) 進行旋轉的執行畫面	124
圖 3-77、旋轉破壞之測試圖檔 (HD MAPS SHP) 進行版權驗證的執行畫面	124
圖 3-78、GRD 格式圖檔隱碼前後之高度差值統計圖	126
圖 3-79、GRD 格式圖檔隱碼前後之斜率差值統計圖	127
圖 3-80、GEO TIFF 格式圖檔隱碼前後之高度差值統計圖	127

圖 3-81、GEO TIFF 格式圖檔隱碼前後之斜率差值統計圖	128
圖 3-82、車載 LAS 格式圖檔隱碼前後之高度差值統計圖	128
圖 3-83、空載 LAS 格式圖檔隱碼前後之高度差值統計圖	129
圖 3-84、HyDEM SHP 格式圖檔圖檔隱碼前後之高度差值統計圖	130
圖 3-85、HD MAPS SHP 格式圖檔圖檔隱碼前後之高度差值統計圖	130
圖 3-86、本團隊影像高速三維建模服務流程	133
圖 3-87、臺中帝國糖廠湖濱生態園區影像產製模型成果	135
圖 3-88、屏東縣高樹鄉 UAV 影像產製模型成果	136
圖 3-89、苗栗市南區 UAV 影像產製模型成果	137
圖 3-90、苗栗縣西湖鄉 UAV 影像產製模型成果	138
圖 3-91、嘉義縣義竹鄉 UAV 影像產製模型成果	139
圖 3-92、展示工具功能架構	140
圖 3-93 新版系統介面成果圖	141
圖 3-94、機關提供測試圖資依類型圖層分類成果圖	141
圖 3-95、XML 檔案示意圖	142
圖 3-96、XML 檔案轉換三維地籍建物產權模型之轉換流程	143
圖 3-97、產權模型圖層群組	145
圖 3-98、產權模型選取模式介面	145
圖 3-99、產權模型展示	146
圖 3-100、產權模型全棟選取顯示標示部欄位	146
圖 3-101、產權模型依戶別選取顯示欄位	147
圖 3-102、產權模型建物權屬查詢功能介面	147
圖 3-103、KML 上傳介面	148

圖 3-104、KML 上傳後自動產製連結網址.....	148
圖 3-105、透過連結網址讀取顯示 KML 檔案套疊位置	149
圖 4-1、HD MAPS 圖資供應流程架構圖	151
圖 4-2、HD MAPS 圖資供應平台申請介面-顯示試驗場域/道路分類.....	152
圖 4-3、HD MAPS 圖資供應平台申請介面-顯示檔案格式	153
圖 4-4、HD MAPS 圖資供應平台申請介面-上傳申請文件頁面.....	153
圖 4-5、HD MAPS 圖資供應平台申請介面-依個別場域上傳文件畫面	154
圖 4-6、「擴充定位服務申請」推廣頁面	154
圖 4-7、自動駕駛資訊整合平臺及高精地圖供應平台介接機制	156
圖 4-8、DDS 與 MQTT 架構示意圖	158
圖 4-9、DDS 組成元素.....	160
圖 4-10、高精地圖傳送平台架構示意圖	165
圖 4-11、第一階段傳送平台架構示意圖	166
圖 4-12(A)、第一階段傳送平台（進程 1）	167
圖 4-12(B)、第一階段傳送平台實作測試（進程 2）	168
圖 4-12(C)、第一階段傳送平台實作測試（進程 3）	168
圖 4-12(D)、第一階段傳送平台實作測試（進程 4）	169
圖 4-12(E)、第一階段傳送平台實作測試（進程 4）	169
圖 4-13、第二階段傳送平台架構示意圖	171
圖 4-14(A)、第二階段傳送平台（進程 1）	172
圖 4-14(B)、第二階段傳送平台實作測試（進程 2）	172
圖 4-14(C)、第二階段傳送平台實作測試（進程 3）	173
圖 4-14(D)、第二階段傳送平台實作測試（進程 3）	173

圖 4-15、第三階段傳送平台架構示意圖	175
圖 4-16(A)、第三階段傳送平台：靜態測試（進程 1）	176
圖 4-16(B)、第三階段傳送平台實作測試：靜態測試（進程 2）	176
圖 4-16(C)、第三階段傳送平台實作測試：靜態測試（進程 3）	177
圖 4-17(A)、第三階段傳送平台實作測試：動態接收-發送端與 PERSISTENCE SERVICE（進程 1）	179
圖 4-17(B)、第三階段傳送平台實作測試：動態接收-發送端與 PERSISTENCE SERVICE（進程 1）	179
圖 4-17(C)、第三階段傳送平台實作測試：動態接收-發送端與 PERSISTENCE SERVICE（進程 2）	180
圖 4-17(D)、第三階段傳送平台實作測試：動態接收-發送端與 PERSISTENCE SERVICE（進程 3）	180
圖 4-17(E)、第三階段傳送平台實作測試：動態接收-發送端與 PERSISTENCE SERVICE（進程 4）	181
圖 4-18(A)、第三階段傳送平台實作測試：動態接收-接收端（進程 5） .	181
圖 4-18(B)、第三階段傳送平台實作測試：動態接收-接收端（進程 5） .	182
圖 4-18(C)、第三階段傳送平台實作測試：動態接收-接收端（進程 6） .	182
圖 4-18(D)、第三階段傳送平台實作測試：動態接收-接收端（進程 7） .	183
圖 4-18(E)、第三階段傳送平台實作測試：動態接收-接收端（進程 7） .	184
圖 4-19、加入 DDS PERSISTENCE SERVICE 的網路架構	187
圖 4-20、DDS PERSISTENCE SERVICE 的運行範例	187
圖 4-21、DDS 發送端離線測試	188
圖 4-22、MQTT BROKER 離線測試	189
圖 4-23(A)、DDS 發送端離線測試（進程 1）	192

圖 4-23(B)、DDS 發送端離線測試 (進程 2)	192
圖 4-23(C)、DDS 發送端離線測試 (進程 3)	193
圖 4-23(D)、DDS 發送端離線測試 (進程 4)	193
圖 4-23(E)、DDS 發送端離線測試 (進程 5)	194
圖 4-23(F)、DDS 發送端離線測試 (進程 6)	194
圖 4-23(G)、DDS 發送端離線測試 (進程 7)	195
圖 4-23(H)、DDS 發送端離線測試 (進程 8)	195
圖 4-23(I)、DDS 發送端離線測試 (進程 9)	196
圖 4-24(A)、MQTT BROKER 離線測試 (進程 1)	197
圖 4-24(B)、MQTT BROKER 離線測試 (進程 2)	198
圖 4-24(C)、MQTT BROKER 離線測試 (進程 3)	198
圖 4-24(D)、MQTT BROKER 離線測試 (進程 4)	199
圖 4-24(E)、MQTT BROKER 離線測試 (進程 5)	199
圖 4-24(F)、MQTT BROKER 離線測試 (進程 6)	200
圖 4-24(G)、MQTT BROKER 離線測試 (進程 7)	200
圖 4-25、壓力測試統計結果一：延遲量	202
圖 4-26、壓力測試統計結果二：初始化時間.....	202
圖 4-27、AI 運算環境使用情形.....	204
圖 5-1、3D GEOINFO 2020 線上會議頁面	205
圖 5-2、智慧城市展線上展出頁面	206
圖 5-3、「2020 年臺灣考古學會年會暨學術研討會」活動照片	207
圖 5-4、研習會活動照片	207
圖 5-5、「第 20 屆中華民國地圖學會年會暨學術研討會」推廣展示照片	208

圖 5-6、地政節展示照片	208
圖 5-7、成果發表會活動照片	209
圖 5-8、「GEO DIGITAL LIFE 空間數位生活」雜誌創刊號封面.....	210
圖 5-9、節錄發表內文	210
圖 5-10、論文發表	212

表目錄

表 1-1、歷年工作主要項目整理表	1
表 1-2、工作進度表	14
表 2-1、內政部 DTM 資料來源專案說明表.....	19
表 2-2、「2020 國土測繪圖資 GIS 專題應用競賽暨研習活動」研習會場次	32
表 2-3、「數值地形模型加值應用服務案成果暨影像三維高速建模服務研習 會」議程	34
表 2-4、DTM 圖資供應平台 109 年 2 月至 11 月使用量.....	37
表 2-5、網路下載傳輸過程之保密措施可行性方案建置設備與成本.....	47
表 2-6、網路下載傳輸過程之保密措施可行性方案比較表	48
表 2-7、初始參數表	51
表 2-8、HDR 檔檢核清單	52
表 2-9、GRD 檔檢核清單	54
表 2-10、DTM 成果資料庫屬性彙整表欄位說明	60
表 3-1、點雲圖資圖點密度與區塊比較表	67
表 3-2、GRD 檔案隱碼誤差值比較.....	70
表 3-3、LAS 檔案隱碼誤差值比較.....	70
表 3-4、索引文件(.SHX)檔頭欄位	71
表 3-5、索引文件(.SHX)記錄欄位	72
表 3-6、主要文件(.SHP)記錄頭	72
表 3-7、主要文件(.SHP)實際記錄.....	72
表 3-8、SHAPEFILE 支援圖形類型表	72

表 3-9、圖資隱碼函式庫.....	85
表 3-10、圖資隱碼程式功能說明表.....	89
表 3-11、圖資隱碼抗破壞測試結果列表.....	94
表 3-12、GRD 格式圖檔誤差分析表.....	126
表 3-13、GEO TIFF 格式圖檔誤差分析表.....	127
表 3-14、車載 LAS 格式圖檔誤差分析表.....	128
表 3-15、空載 LAS 格式圖檔誤差分析表.....	129
表 3-16、HYDEM SHP 格式圖檔誤差分析表.....	129
表 3-17、HD MAPS SHP 格式圖檔誤差分析表.....	130
表 3-18、109 年度隱碼圖資數值彙整表.....	131
表 3-19、產權模型資料庫屬性彙整表.....	143
表 4-1、DDS 與 MQTT 特性比較表.....	159
表 4-2、高精地圖傳送平台實作內容與時程.....	162
表 4-3、DDS 訊息欄位定義表（第一階段）.....	165
表 4-4、第一階段傳送平台測試進程.....	166
表 4-5、DDS 訊息欄位定義表（第二階段）.....	170
表 4-6、第二階段傳送平台測試進程.....	171
表 4-7、第三階段傳送平台靜態測試進程.....	175
表 4-8、第三階段傳送平台動態測試進程.....	178
表 4-9、DDS 訊息欄位定義表（與 MQTT 比較之模擬測試）.....	189
表 4-10、DDS 發送端離線測試進程.....	191
表 4-11、MQTT BROKER 離線測試進程.....	196
表 5-1、第 20 屆中華民國地圖學會年會暨學術研討會議程.....	211

表 5-2、工作會議辦理時間及討論議題 213

壹、前言

一、緣起

本專案名稱為「109 年度三維圖資與數值地形模型成果加值應用及高精地圖供應服務案」(以下簡稱「本案」)。

內政部自 105 年度建置數值地形模型 (DTM) 成果加值應用服務，由財團法人國家實驗研究院國家高速網路與計算中心(以下簡稱「國網中心」)承製，將內政部業管 DTM 實體資料進行加值，再依資料分級供機關及各界使用，自 106 年度開始連續 3 年持續辦理 DTM 使用者論壇，獲各機關迴響與肯定。表 1-1 為歷年主要工作內容的整理，105 至 109 年資料儲存與備份使用容量統計表詳見附錄一。

表 1-1、歷年工作主要項目整理表

年度	主要工作項目	說明
105	1. DTM 資料倉儲	(1) 建置全國 DTM 資料倉儲環境與設備，包含 110TB 儲存空間。 (2) 規劃資料異地備份服務。
	2. DTM 加值應用網路服務模組開發	(1) 以既有網路服務模組(基於 ArcGIS)開發 API 介接功能。 (2) 開發等高線計算、坡度分析、坡向分析、縱斷面分析、路線剖面分析及高程陰影圖等 6 項服務模組。 (3) 建置 WMS/WMTS 伺服器，包含影像圖資檢索、展示及比對等功能。
	3. DTM 加值應用網路服務平台	(1) 建置既有網路服務模組(基於 ArcGIS)之網路服務平台。 (2) 建置自行開發模組之 DTM 加值應用網路服務平台。
	4. 活動辦理	(1) 辦理 DTM 加值應用需求訪談。 (2) 辦理 3 場 DTM 加值應用服務教育訓練及介接使

年度	主要工作項目	說明
		用研習會。
106	1. DTM 資料倉儲	(1) 提供全國DTM資料倉儲環境與設備，包含140TB儲存空間。 (2) 提供資料異地備份服務。
	2. DTM 加值應用網路服務模組開發	(1) 盤點92-94年度「高精度及高解析度數值地形模型測製」、99-101年度「莫拉克地區LiDAR高解析度數值地形製作」資料。 (2) 開發橫斷面分析、八方位陰影圖、近似高程分析、挖填方分析及不同時期差異分析等5項服務模組。（其中橫斷面分析與縱斷面分析功能合併。） (3) 完成全臺5公尺及20公尺解析度DTM資料加值處理，並提供加值應用網路服務介接。
	3. DTM 加值應用網路服務平台	(1) DTM加值應用網路服務平台維運。 (2) 將內政部既有DTM網路服務模組之平台移植於國網中心，整合至DTM加值應用網路服務平台。
	4. 三維空間資料與影像圖資整合展示工具開發	開發三維空間資料與影像圖資整合展示工具並整合DTM加值應用網路服務模組。
	5. 活動辦理	(1) 辦理數值地形模型使用者會議。 (2) 辦理國土測繪圖資GIS專題應用競賽。
107	1. DTM 資料倉儲	(1) 提供全國DTM資料倉儲環境與設備，包含170TB儲存空間。 (2) 提供資料異地備份服務。
	2. DTM 加值應用網路服務模組開發	(1) 盤點99-101年度「莫拉克地區LiDAR高解析度數值地形製作」及102-104年度「非莫拉克地區LiDAR高解析度數值地形製作」資料。

年度	主要工作項目	說明
		(2) 開發透空度分析、高程立體透視圖、視域範圍分析、開闊度分析及多色地圖等5項服務模組。
	3.DTM 加值應用網路服務平台	DTM 加值應用網路服務平台維運。
	4.三維空間資料與影像圖資整合展示工具開發	(1) 進行三維空間資料與影像圖資整合展示工具Web版開發。 (2) 導入20公尺解析度共14個DTM加值應用服務模組。
	5.活動辦理	辦理DTM使用者論壇暨空間測繪應用計畫專案成果發表會。
108	1. DTM 資料倉儲	(1) 提供全國DTM資料倉儲環境與設備，包含170TB儲存空間。 (2) 提供資料異地備份服務。
	2.DTM 加值應用網路服務模組開發	完成全臺1公尺解析度數值地形模型資料加值處理，並提供介接試用。
	3.DTM 加值應用網路服務平台	(1) DTM加值應用網路服務平台維運。 (2) 開發視覺化地形輔助判釋模組。
	4.三維空間資料與影像圖資整合展示工具開發	(1) 三維空間資料與影像圖資整合展示工具Web版維運。 (2) 介接5公尺解析度共15個DTM加值應用服務模組。 (3) 開發地籍圖匯入及基本編修功能。
	5.圖資供應	(1) 規劃DTM實體圖資供應機制。 (2) 開發DTM及高精地圖圖資供應平台。

年度	主要工作項目	說明
	6.圖資隱碼	完成 DTM (GRD、GeoTiff 檔) 及高精地圖 (las 檔) 圖資隱碼研究開發
	7.活動辦理	(1) 辦理「AI人工智慧及區塊鏈」基礎訓練課程。 (2) 辦理數值地形模型使用者會議。 (3) 辦理第二屆國土測繪圖資GIS專題應用競賽。 (4) 配合內政部推動自駕車用高精地圖相關技術開發及規範標準建立，辦理「AI 智慧製圖發展及圖資應用技術探討座談會」。 (5) 辦理測繪技能競賽。

本案除了持續 DTM 加值應用網路服務維運工作，進行 DTM 成果資料異地備份及永續保存服務外，也優化內政部業管 DTM 成果資料管理及供應機制，藉此擴大 DTM 資料運用領域及供應，加強測繪資訊流通機制，降低政府財政負擔與提高行政服務效能，並達到資料永續保存之目的。

高精地圖為自駕車進行決策控制不可或缺的關鍵技術，內政部於 108 年已建立自駕車用地圖供應平台供應固定場域之圖資，本案將延續前揭工作，提供申請者依照申請流程取得圖資進行自駕車相關研究技術發展。

此外，為呼應國家發展委員會「國家底圖」政策，內政部積極推動三維國家底圖工作，其中三維點雲及建物模型等圖資所蘊含巨量空間資訊是此工作不可或缺的重要基石，本案亦進行三維圖資相關研究，加速國家底圖三維化政策推動。

二、專案背景分析

早期傳統的地形圖是以人類肉眼閱覽及判釋為主，於二維的圖紙上以線條、數字表示三維地形的起伏，也就是等高線的製作。在使用地圖時，可以由等高線的疏密判釋出地形高低起伏的程度，圖面上等高線越密集的地

方，地勢就越陡峭；另外，呈現封閉環狀的等高線，其所在的最小那一圈的高度，不是局部最高點就是局部最低點所在地，如圖 1-1。

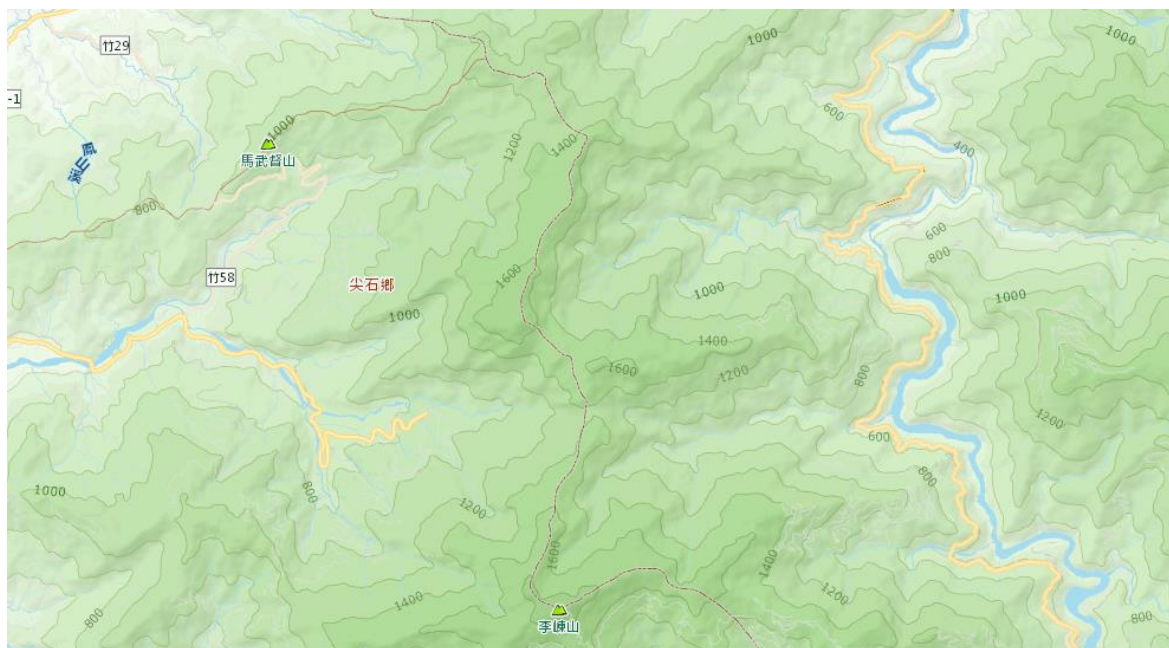


圖 1-1、等高線示意圖(摘自國土測繪中心之臺灣通用電子地圖)

欲從等高線圖上獲知某點的高度，則必須由該點相鄰的兩條等高線所代表的高度值進行內插而得。除了高度外，若欲由圖上任意兩點之間得知坡度的變化，需先取得該兩點之高程，並量出該兩點間之水平距離，進而求得兩點間之坡度。

早期土木工程在設計道路時，需先繪製設計路線上的縱橫斷面圖，此圖乃由地形圖上之等高線量出斷面上各點的高程，以繪製斷面圖；此斷面圖即是設計道路的依據，並用以計算未來施工時應開挖或填土的體積。然而，若於設計後發現路線位置不佳，縱使移動道路位置一些，則所有工作就需重新來過一次，必須再次動用大批的人力，重新量測、繪製所有斷面圖。由此可知等高線圖給人閱覽很有用，可以獲取很多地形的訊息；惟運用在工程上的計算，卻是極為不便。

因此在 1950 年代末期電腦問世後，美國麻省理工學院土木系就提出數值地形模型(Digital Terrain Model，簡稱 DTM)的觀念(Miller & Laflamme, 1958)，放棄以等高線來表示地形起伏，改以規則的離散式網格點來表示地表的起伏，網格點間的疏密程度就表現出地表起伏的細緻程度，量測每個網格點的平面及高程坐標，儲存在電腦內以供後續計算地表的坡度、坡向，以

及繪製地形剖面、透視圖、等高線圖等。

在測量的領域中，對於 DTM 這個名詞進行更精準的描述，把它稱為數值高程模型(Digital Elevation Model，簡稱 DEM)，此模型只簡單的表示地表高程的起伏，並不包含一般的地形物；亦即 DEM 是用一組有序數值陣列形式表示地面高程的一種實體地面模型，是 DTM 的一個分支。DTM 是描述包括高程在內的各種地貌因子，如坡度、坡向、坡度變化率等因子在內的空間分布，其他如坡度、坡向及坡度變化率等地貌特性可在 DEM 的基礎上衍生。DTM 亦包含自然地理要素以及與地面有關的社會經濟及人文要素，如土壤類型、土地利用類型、岩層深度、地價、商業優勢區等等。

國內第一次的 DEM 製作是於 1983 年到 1985 年間，由當時隸屬於臺灣省政府林務局的農林航空測量隊以航空測量法在解析製圖儀上測製的間隔為 40 公尺的 DEM。受限於經費與技術關係，該 DEM 製作以人工在解析製圖儀內於預先設定好坐標的 40 公尺間距網格點上，直接量測該點的地表高程做為 DEM；該 DEM 是以二度分帶橫麥卡脫投影的坐標系為基準，並以五千分之一基本圖之圖幅為單位，分幅測製建檔，全臺灣共有 5436 幅。在測製完成後，並未公開供外界使用，直到 1990 年農委會將該 DEM 交由中央大學太空及遙測中心管理後，才開放供各機關團體申請複製使用。

由於 40 公尺網格間距的 DEM 間距太大，不符合臺灣地區土地利用密集的現況需求。內政部乃於 2004 年使用農委會農林航空測量所拍攝的比例尺約為二萬分之一的航空影像，全面重測間隔為 5 公尺的高精度及高解析度 DEM，全部作業於 2006 年完成；此高精度及高解析度 DEM 之坐標系統亦是建立在二度分帶橫麥卡脫投影坐標系內，也以五千分之一基本圖分幅。

在測製高精度及高解析度 DEM 的同時，也以影像自動匹配的方式，測製間隔同樣為 5 公尺的數值表面模型(Digital Surface Model，簡稱 DSM)。DSM 與 DEM 同為 DTM 所涵蓋，而 DSM 與 DEM 的不同在於沒有對地物(如：植被、建物等)的高度作修正，所表示為經內插圓滑後，包含地物的圓滑表面；惟 DSM 雖未刪除地物的高度，亦非三維城市表面模型(3D City Modeling)，三維城市模型的表面是建物真實的表面，其表面具有明顯並貼近真實建物的折角。此 5 公尺間距的高精度及高解析度 DEM，基於國防安全性，尚未全面供外界使用。

內政部在完成 5 公尺間距的高精度及高解析度 DTM 測製工作之期間，同時運用新興測繪技術，於 2006 年度以空載光達技術辦理大甲溪、大安溪、苑裡河流域河川及洪泛溢淹地區及達邦至玉山中高海拔山區 DTM 測製與研究工作，完成 51 幅五千分之一基本圖圖幅範圍 1 公尺網格 DTM，面積約 360 平方公里，自此開啟 1 公尺間距的高精度及高解析度 DTM 之測製工作；2007 年度持續辦理彰化縣西部地區及五峰至觀霧中高海拔山區 1 公尺網格 DTM 建置工作，完成 84 幅五千分之一基本圖圖幅範圍，面積約 580 平方公里；2008 年度辦理澎湖縣全縣 1 公尺網格 DTM 測製工作，面積約 127 平方公里；2009 及 2010 年度完成 185 幅五千分之一基本圖圖幅範圍，面積約 1,300 平方公里。

另因 2009 年 8 月 8 日莫拉克颱風重創臺灣，造成臺灣南、中及東部地區持續出現複合型土砂災害，整個國土之地形地貌發生劇烈變遷，更在臺灣中南部地區造成嚴重傷亡及財物損失，在臺灣天然災害史上重大成度僅次於 1999 年之集集大地震，尤以當時高雄縣甲仙鄉小林村(現為高雄市甲仙區小林里)發生大規模崩塌之埋村災害為最，此深層崩塌滑動的土方量超過 2,500 萬立方公尺。

此風災使得臺灣多處地形地貌有大幅度變化，舊有測繪及地質資料已不適用，須刻不容緩的進行 DTM 重新測製及地質災害調查，以提供人民安全資訊及政府重建基礎的重要數據；經濟部中央地質調查所從 2010 年至 2012 年，以 3 年時間執行「國土保育之地質敏感區調查分析計畫」，於臺灣中南部及東部莫拉克風災重創區，利用空載光達技術測製 1 公尺網格 DTM，將地形地物原始真實清楚地呈現；另從 2013 至 2015 年，中央地質調查所再以 3 年時間利用空載光達技術測製其他非莫拉克災害地區之 1 公尺網格 DTM，俾使全臺灣皆有 1 公尺網格的高精度及高解析度 DTM 資料。

前述莫拉克風災以空載光達技術重新測製 1 公尺網格之 DTM，於 2010 年度完成 1,045 幅五千分之一基本圖圖幅範圍，面積約 7,450 平方公里；2011 年度完成 1,380 幅五千分之一基本圖圖幅範圍，面積約 9,570 平方公里；2012 年度完成 1,061 幅五千分之一基本圖圖幅範圍，面積約 7,502 平方公里；2013 年度完成 543 幅五千分之一基本圖圖幅範圍，面積約 3,810 平方公里；2014 年度完成 680 幅五千分之一基本圖圖幅範圍，面積約 4,778 平方公里；2015 年度完成 680 幅五千分之一基本圖圖幅範圍，面積約 4,778 平

方公里。

然而，為因應全球都市人口快速增長，智慧城市是全球發展趨勢之一，就複雜的城市運作而言，完整且優質的資訊，配合高效率視覺化環境，將對決策者提供最佳支援。由於都市的使用者對基礎設備及其提供的服務需求日趨急迫，國際間許多政府、組織、和企業均投入資源於智慧城市的發展。

三維數位城市圖資的建置、更新與加值應用為建置智慧城市不可或缺的重要基礎元素，因此近年來各國政府、民間企業對於三維圖資發展之趨勢與著重的項目越來越重視，三維數位城市可加值應用於國土管理、都市規劃、防災、環境影響評估等領域。

所謂三維數位城市是將我們所生活城市中之真實地表物體以三維幾何模型予以重建，將其表面紋理影像黏貼於該模型以成為仿真城市模型，並以電腦模擬真實世界的建築、山川、河流、森林、草地、道路、橋梁等各類地物，甚至於各種不同時期的地貌，且為其建立各項物件的屬性資訊，虛擬重現真實世界之各項機能，並可透過網際網路供使用者瀏覽、查詢、分析及其他應用。

隨著雲端三維圖台強化三維視覺呈現空間資訊的效果，搭配豐富而簡易的地圖定位查詢，讓三維數位城市在一般使用者的能見度大幅提升，三維數位城市圖資在虛擬城市導覽、都市規劃、環境與景觀模擬、工程規劃與評估、適地性服務、運輸規劃及管理、三維導航、災害防救模擬與應變、歷史影像數位典藏、建築與遺址或特定場景重建、軍事及國防安全、娛樂及遊戲產業等均有良好的應用潛力。

惟三維圖資的建置需要耗費大量資金與人力，近年結合航測科技、數位攝影測量、電腦圖學等領域之技術，針對建物的特性，研發出符合 OGC (Open Geospatial Consortium) CityGML 所定義的 LOD1、LOD2 及 LOD3 等之建物模型建置方法，並可評估所建置三維模型的品質。

與過去平面的二維圖資相比，三維圖資更能貼近實際物體，透過視覺化的模型展示，使用者可容易且直覺找到所需的資訊。然而目前二維圖資多元且持續增加更新，惟三維資料仍舊相對不完全，對於國家之國土規劃及防救災所需之三維圖資資訊更是缺乏。

目前產官學界縱使於部分地區已建置小範圍三維建物精緻模型，但對於全臺整體性之三維成果仍舊缺乏，在應用上仍相當困難，主要原因除基礎資料取得不易外，目前產製三維成果之作業需耗費較多人力、成本及時間。故需以高效率且自動化之產製流程服務，以完備全臺成果。並進一步推動三維地籍建物模型的建置，針對土地及其建物產權範圍給予權利及限制之地籍登記，將不同權利空間可視化表現，以管理現實世界中的權屬狀況，區分不同建物產權並減少法律糾紛。

從國家空間資訊基礎建設的觀點出發，三維圖資將會是未來智慧城市建置與應用的基礎，也會對相關施政、產業、與民生應用產生極大的助益。

自動駕駛 (Autopilot) 係具備感知、決策及控制等功能之智慧載具，透過遙控、自動導引或自動駕駛驅動，而應用於運輸、科學研究、軍事及民生等用途。近年因為資通訊科技進步，透過物聯網結合人工智慧之創新應用，引領各種自動駕駛不斷推陳出新，比如自動駕駛，未來將可藉由自動駕駛降低意外事故，及達到智慧城鄉、智慧運輸等。

高精地圖實現精準導航成為無人車必要之條件，在無人駕駛等級中，第二級屬於低度自駕，大部分由人類決策，僅需要中低精準度定位與地圖，但到第四級自駕，駕駛將可在高速公路環境，交由車輛自行駕駛，此時地圖精準性、即時性十分重要，然而，高精地圖在內容及精度之需求較現今各式地圖高，後續更新需要大量時間和經費進行，如不精進現有製圖技術，發展人工智慧圖資獲取技術，未來將無法即時更新地圖，提供相關應用進行。

綜上所述，DTM、三維地籍建物與高精地圖等三維圖資皆為智慧城市建置重要的一環，因此本案延續執行數值地形模型成果加值應用服務與圖資供應平台服務，以既有成果為基礎，投入三維圖資應用研究，辦理「DTM 加值應用網路服務平台維運」、「DTM 圖資供應平台維運」、「DTM 成果管理優化」、「圖資隱碼技術研究及精進」、「影像三維建模高速運算資源服務」、「三維地理空間資料與影像圖資整合展示工具維運」、「建立高精地圖資料供應機制」、「成果發表」、「成果效益評估與計畫進度管考」等 9 項工作，協助加速國家底圖三維化政策推動。

三、工作項目

(一) DTM 加值應用網路服務平台維運

1. 依機關管理 DTM 資料量及系統營運情形，提供資料倉儲、異地備份系統、伺服器運算環境及本案 DTM 加值應用網路服務平台所需作業環境並予以維運。
2. 資料倉儲、異地備份系統及網路服務平台應符合本服務建議徵求書第陸項其他注意事項規定。
3. 開發符合服務導向架構 (SOA) 且可於地理資訊系統間交互溝通與應用之網路服務模組 (包含 DTM 加值服務導入 GIS 平臺等)。
4. 撰寫平台服務說明書，內容包括平台架構、功能、提供服務規格 (含各項參數及所用演算法) 及操作說明等。

(二) DTM 圖資供應平台維運

1. 提供機關業管之 DTM 圖資線上申請之服務，並就本案 DTM 圖資供應平台所需提供作業環境並予以維運。
2. 提供圖資倉儲環境 (儲存空間至少 20TB)。
3. 研擬網路下載 DTM 成果方式，針對傳輸過程之保密措施進行可行性評估。
4. 於本案 DTM 圖資供應平台開發視覺化選取圖資功能。

(三) DTM 成果管理優化

1. 檢核機關管理供應 DTM 成果內容，就檔頭與網格資料異常、缺漏及錯誤等問題進行修正。
2. 建立 DTM 成果資料庫，並依機關需求新增 DTM 成果，資料庫相關欄位及內容，於工作會議與機關討論定案後辦理。
3. 產製報表詳列目前機關管理之 DTM 成果清冊。

(四) 圖資隱碼技術研究及精進

1. 精進 DTM 及點雲資料隱碼技術，並就機關所發現之問題進行修正。

2. 研擬 HyDEM 圖資隱碼技術及進行隱碼試作與抗攻擊測試，並進行相關文獻蒐集與分析。
3. 研擬高精地圖向量圖資隱碼技術及進行隱碼試作與抗攻擊測試，並進行相關文獻蒐集與分析。

(五) 影像三維建模高速運算資源服務

1. 提供影像三維建模所需軟硬體高速運算環境，產製內容為正射影像及三維 mesh 模型。
2. 提供影像及模型資料倉儲環境（儲存空間至少 10TB）。
3. 配合機關以及協助空間情報任務小組災防任務需要，提供高速運算建模服務。

(六) 三維地理空間資料與影像圖資整合展示工具維運

1. 提供機關三維地理空間資料與影像圖資整合展示工具 Web 版所需作業環境。
2. 以本展示工具進行三維地籍建物模型與其他空間資料串接及展示，其相關整合應用規劃(包含平台之功能、建物模型資料庫及資料內容格式) 於工作會議與機關討論定案後辦理。
3. 利用本展示工具進行推廣及應用試辦，合作對象選定及展示工具功能需求等事項，於工作會議與機關討論定案後辦理。

(七) 建立高精地圖資料供應機制

1. 維運高精地圖圖資供應平台，並擴充定位服務申請頁面。
2. 開發高精地圖圖資傳輸 API，並依機關需求辦理實證。
3. 為促進高精地圖特徵辨識及相關技術發展，提供快速、穩定且安全之 AI 運算環境，並供使用者運算環境之諮詢服務。

(八) 成果發表

1. 廠商應配合機關需求，以本案成果參加相關競賽至少 1 場。
2. 廠商應配合機關需求，參加國際研討會至少 1 場。
3. 廠商需配合機關參加智能測繪應用相關之年度計畫成果發表（含研討會方式）活動，就本案工作相關成果及研究議題，規劃辦理至少 3 小時議程（包含主持人、與談人、主講人、議程題

目與內容等)，所需講者出席費由廠商負擔，至於活動主題、場地、日期與議程等細節，需適時配合機關作業。

4. 協助機關參與 2020 智慧城市展活動，至於活動主題、展覽內容等細節，需適時配合機關作業。

(九) 成果效益評估與計畫進度管考

1. 依據科技計畫績效管考平台(<http://stprogram.stpi.narl.org.tw/>)提供格式，配合機關辦理本案計畫「科技發展計畫績效評估作業」自評作業需求，參考機關提供之相關績效作業範本，填寫本案相關成果效益報告書、績效指標、佐證資料、政府科技發展計畫績效評估；另配合將本案各期資訊登載政府研究資訊系統(GRB, <https://www.grb.gov.tw/>)，且將登載結果繳附於各期工作成果，並適時接受諮詢。
2. 廠商需配合機關填寫行政院政府計畫管理資訊網(GPM)管考作業所需表格內容，並適時接受諮詢，每月 25 日前需繳交月報表，說明工作執行進度。
3. 提送國內外空間資訊相關研討會文稿至少 1 篇。

(十) 廠商應自行定期召開工作會議，並適時接受諮詢。其中 2 次需邀請使用者(名單需先與機關討論)參與交換意見，並作為後續應用方向或執行參考，所需費用由廠商負擔。

四、計畫工作流程及架構

本案依工作項目的特性可區分為「DTM 資料管理與加值應用服務」、「技術服務」、「高精地圖供應服務」、「成果推廣及行政配合事項」等四大類別，架構如圖 1-2。

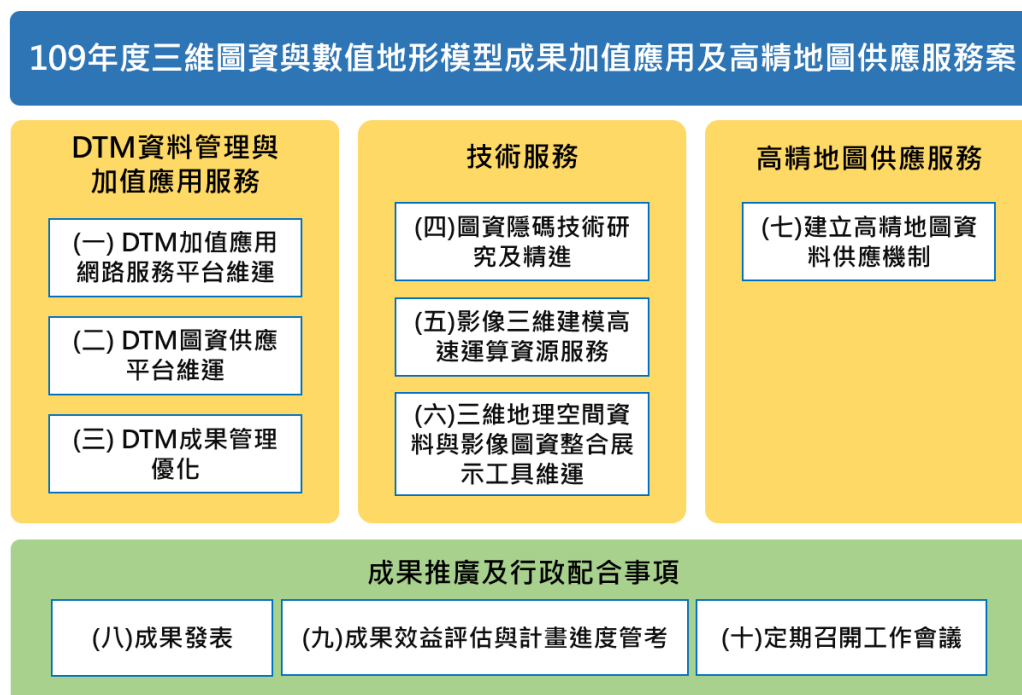


圖 1-2、專案工作項目執行流程架構

「DTM 資料管理與加值應用服務」包含：工作項目(一) DTM 加值應用網路服務平台維運、(二) DTM 圖資供應平台維運、(三) DTM 成果管理優化。於既有開發之平台進行維運服務及優化管理。

「技術服務」包含：工作項目(四) 圖資隱碼技術研究及精進、(五) 影像三維建模高速運算資源服務、(六) 三維地理空間資料與影像圖資整合展示工具維運」，進行技術深化服務。

「高精地圖供應服務」為工作項目(七) 建立高精地圖資料供應機制。此項目將進一步針對高精地圖資料供應方式，進行研究與實作。

「成果推廣及行政配合事項」則包含了工作項目(八) 成果發表、(九) 成果效益評估與計畫進度管考及(十) 定期召開工作會議。配合機關需求，執行行政辦理事項，並將本案成果進行發表或參賽。

五、工作進度規劃與執行情形

表 1-2、工作進度表

預定進度
 執行情形
 配合執行

工作項目	2月	3月	4月	5月	6月	7月 (期中)	8月	9月	10月	11月	12月 (期末)
(一) DTM加值應用網路服務平台維運											
1. 提供DTM加值資料之倉儲與異地備份環境											
2. 備份資料還原演練											
3. DTM服務導向架構之網路服務模組開發(導入GIS平台)											
4. DTM應用服務QGIS插件教育訓練											
5. DTM加值應用網路服務平台作業環境與維運											
6. 撰寫平台服務說明書											
(二) DTM圖資供應平台維運											
1. 提供圖資倉儲環境											
2. 提供DTM圖資線上申請服務平台作業環境與維運											

工作項目	2月	3月	4月	5月	6月	7月 (期中)	8月	9月	10月	11月	12月 (期末)
3. 開發視覺化選取圖資功能											
4. 網路下載圖資供應之保密措施可行性評估規劃											
5. 開發離線加密供應機制											
(三) DTM成果管理優化											
1. 機關管理供應DTM成果內容檢核報告											
2. DTM成果資料庫											
3. DTM成果清冊											
(四) 圖資隱碼技術研究及精進											
1. DTM及點雲資料隱碼技術修正與精進											
2. HyDEM圖資與高精地圖向量圖資相關文獻蒐集分析											
3. HyDEM圖資與高精地圖向量圖資之隱碼技術研擬及試作與抗攻擊測試											
(五) 影像三維建模高速運算資源服務											

工作項目	2月	3月	4月	5月	6月	7月 (期中)	8月	9月	10月	11月	12月 (期末)
1. 提供高速運算環境與影像模型資料倉儲環境	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2. 影像三維建模高速運算資源服務	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
(六) 三維地理空間資料與影像圖資整合展示工具維運											
1. 提供展示工具Web版作業環境與維運	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2. 開發三維地籍建物模型與其他空間資料串接及展示功能	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3. 展示工具之推廣及應用試辦	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
(七) 建立高精地圖資料供應機制											
1. 提供高精地圖圖資供應平台作業環境與維運	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2. 增加定位服務申請頁面	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3. 修改高精地圖圖資供應架構與申請審核流程	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
4. 開發高精地圖圖資傳輸API與實證辦理	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

工作項目	2月	3月	4月	5月	6月	7月 (期中)	8月	9月	10月	11月	12月 (期末)
5. 提供AI運算服務環境											
(八) 成果發表											
1. 參加相關競賽											
2. 參加國際研討會											
3. 配合參加智能測繪應用相關之年度計畫成果發表活動											
4. 協助參與2020智慧城市展活動											
5. 提送國內外空間資訊相關研討會文稿											
6. 計畫成果推廣											
註：「配合執行」內容為既定工作項目外，配合機關業務需求執行之工作內容。											

貳、DTM 資料管理與加值應用服務

一、DTM 加值應用網路服務平台維運

(一) DTM 資料倉儲及加值應用網路服務平台介紹

本案前期已於 107 年度由國網中心完成服務平台建置，其建置所在之系統環境架構，包含資料倉儲、API 示範網站與服務等，系統環境架構如圖 2-1 所示。前期專案建置之全國 DTM 資料倉儲與網路服務分為三個面向，105 年度提供 API 給已經有現成圖台的政府單位使用；106 年度提供簡單易用的使用者介面給沒有現成圖台的各單位使用者使用；107 年度開發 4 項加值服務，並開放解析度 5 公尺加值應用服務，提供政府機關內部使用需求進行介接申請；108 年度新增 DSM 圖資，且開放 1 公尺解析度 DTM 圖資加值應用服務，提供政府機關內部使用需求進行介接申請。服務平台說明書詳如附錄二。

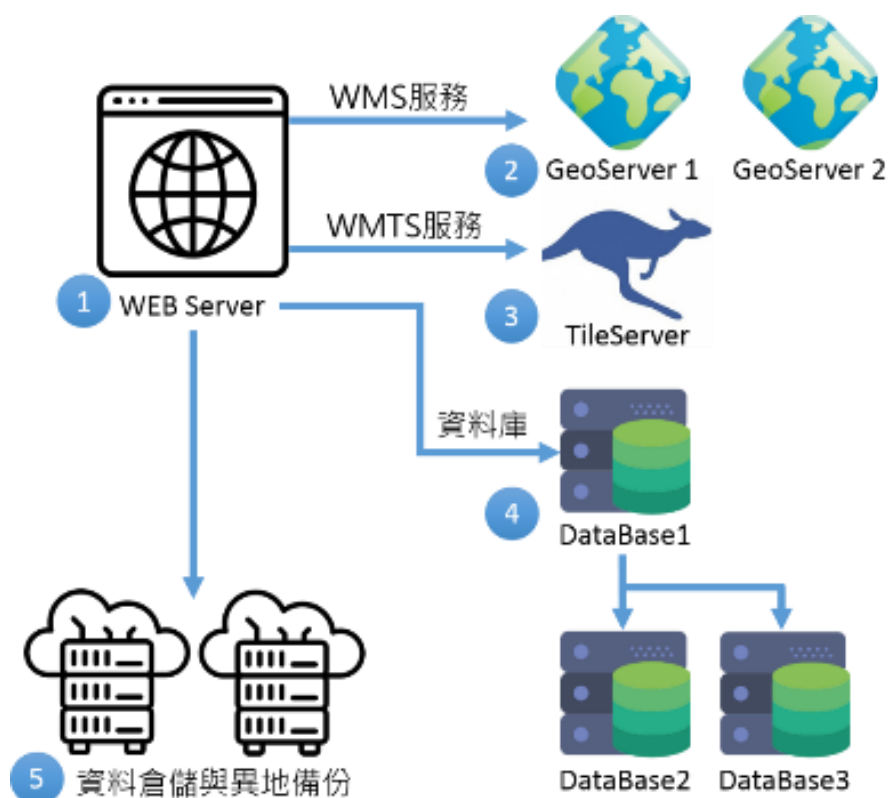


圖 2-1、服務平台系統環境架構圖

本案持續以內政部 DTM 資料（如表 2-1）進行全國性 DTM 加值應用網路服務平台之維運，平台架構如圖 2-2。

表 2-1、內政部 DTM 資料來源專案說明表

專案名稱	專案簡稱	測製單位	專案範圍	測製方式	成果網格 解析度	測製 年度
92-94 年度 「高精度及高 解析度數值地 形模型測製」	高精高解 DTM (92- 94)	內政部	臺灣本島+ 澎湖+琉球 +蘭嶼+綠 島	航空攝影 測量	5 公尺	民國 92-94 年間
99-101 年度 「莫拉克地區 LiDAR 高解析 度數值地形製 作」	莫拉克 DTM (99-101)	經濟部中央 地質調查所	莫拉克災區	空載光達 測量	1 公尺 (降解析 度至 5 公 尺)	民國 99-101 年間
102-104 年度 「非莫拉克地 區 LiDAR 高 解析度數值地 形製作」	非莫拉克 DTM (102- 104)	經濟部中央 地質調查所	臺灣本島 (不含莫拉 克災區)	空載光達 測量	1 公尺 (降解析 度至 5 公 尺)	民國 102- 104 年 間

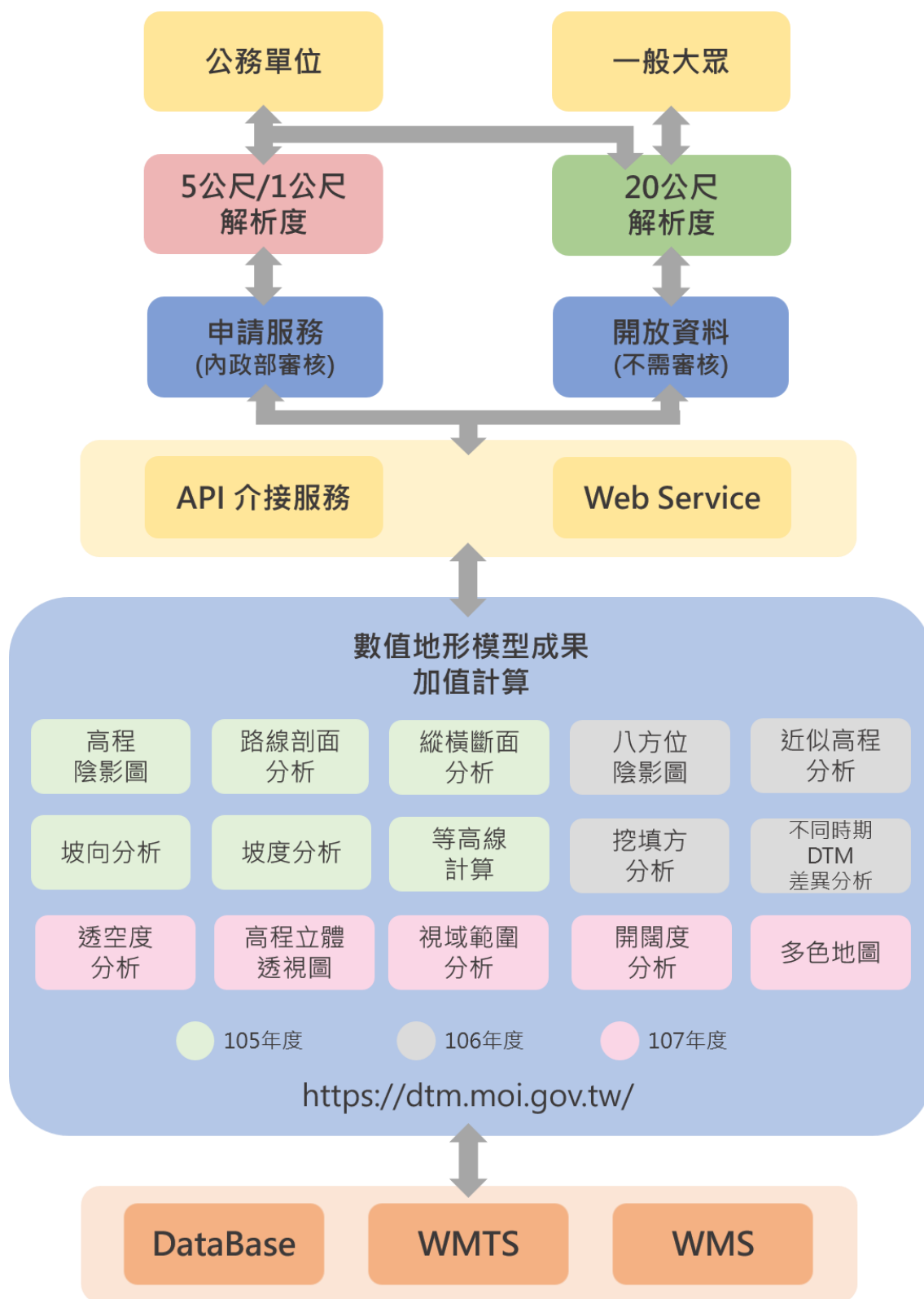


圖 2-2、DTM 應用加值網路服務平台架構

(二) 資料倉儲及異地備份系統及服務平台環境

本案之 DTM 相關資料倉儲與網路服務架構如圖 2-3，依內政部業管之 DTM 資料量及系統營運情形，提供服務系統所需 20TB 的資料倉儲(目前已使用 18.42TB)及 170TB 資料備份環境(目前已使用 97.02TB)，以供網路服務平台之系統環境之資料連結。

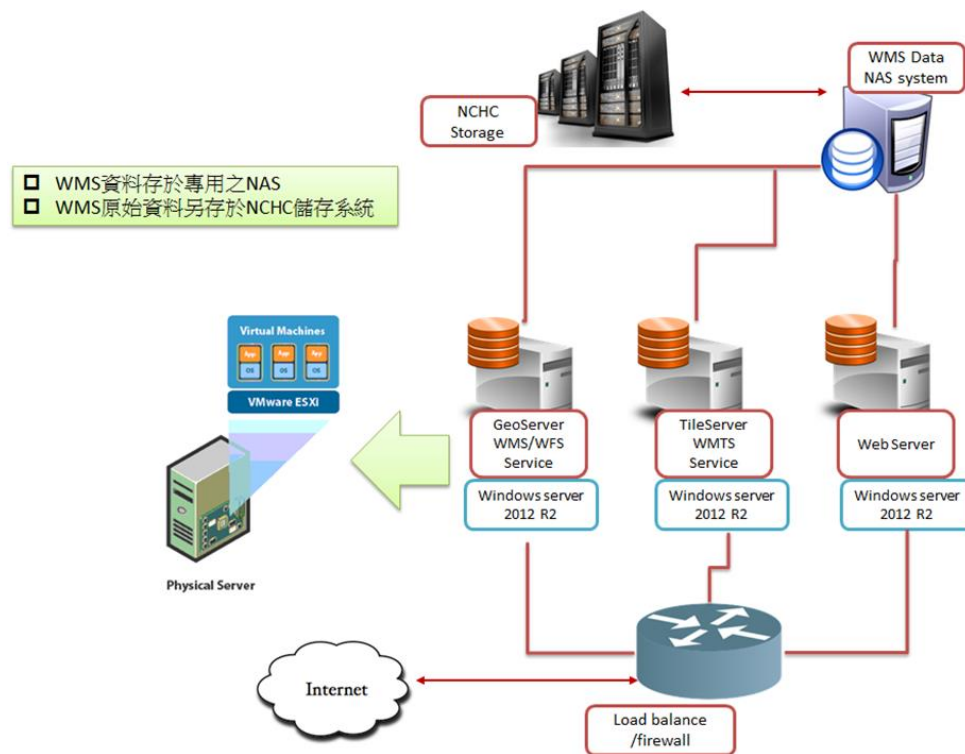


圖 2-3、DTM 資料倉儲及備份作業架構

1. 資料倉儲與異地備份系統的能量

本案資料異地備份服務 (off-line backup) 符合 ISO27001 之資訊安全要求事項進行營運，依內政部管理 DTM 資料量及系統營運情形，提供內政部用戶自動化資料恢復功能，由國網中心之內部機房儲存設備提供服務。

2. 資料備份架構及備份方式

資料異地備份架構分為內政部與國網中心兩邊，主要目的是備份內政部圖資到國網中心。內政部的伺服器有圖資 File Server，用來儲存圖資。國網中心的 TSM Server，用以儲存準備之備份資料，兩邊 Storage 主機需為同型號之機型，透過高速網路將資料備份、壓縮，並經由資料加密與解密雙向傳送到國網中心，如圖 2-4 所示。

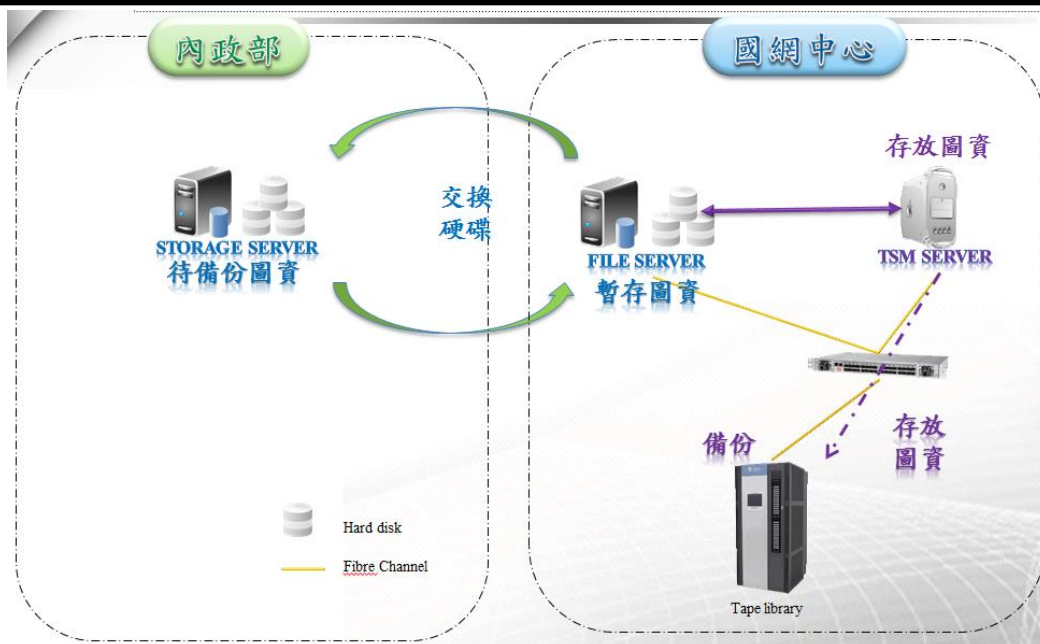


圖 2-4、DTM 資料備份架構

本案除設定完成後提供自動排程外，同時使用者也可採用手動備份及還原，手動備份流程如下：

步驟一：擬將要備份之主機安裝 TSM Client 軟體，進入保存備份 GUI，點選備份如圖 2-5 所示。



圖 2-5、資料備份之 TSM Client 介面

步驟二：點選本端後，可選擇欲備份之路徑，或欲備份的檔案，點擊備份，如圖 2-6 所示。

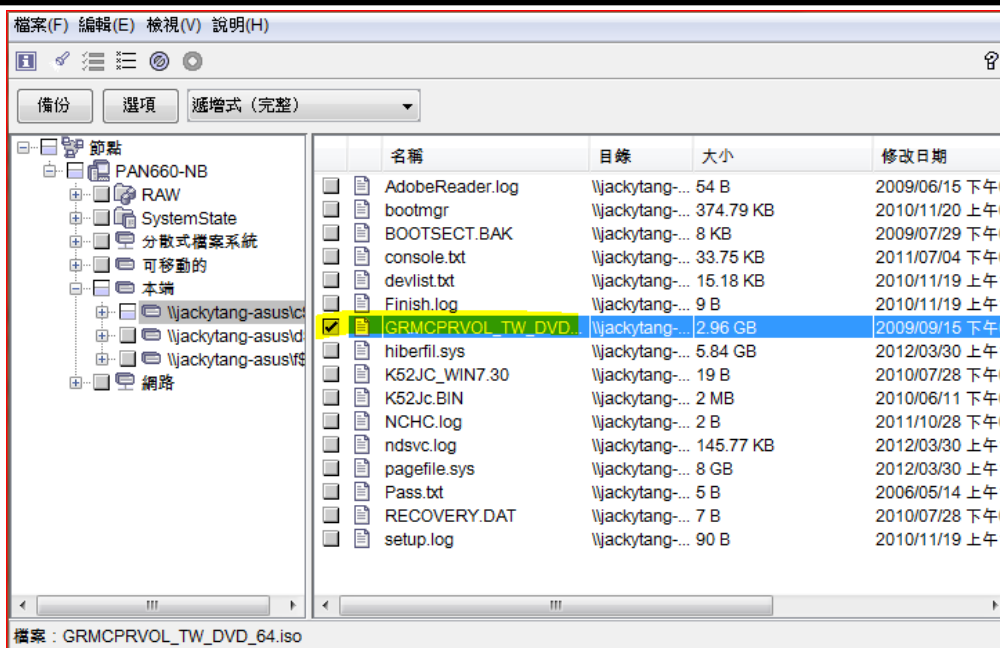


圖 2-6、備份資料及其備份路徑選擇

步驟三：點擊備份後，得到如下資料轉送畫面，如圖 2-7。

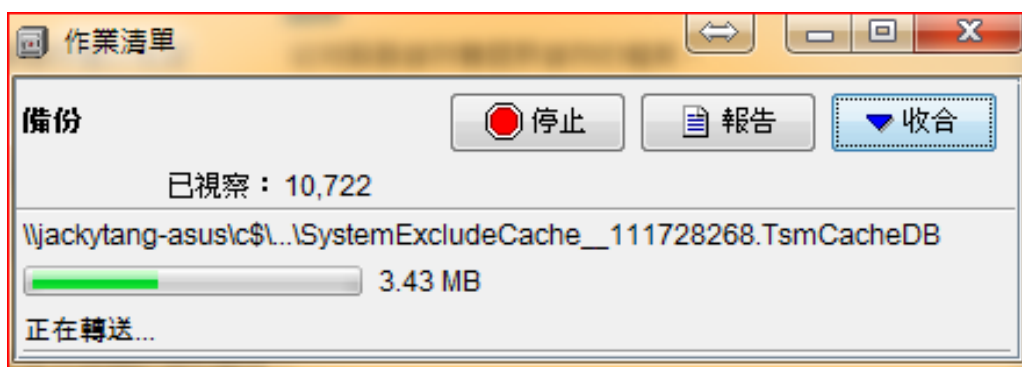


圖 2-7、備份資料傳輸介面

資料轉送完成後，即完成備份，若被轉送的檔案正在使用中，則可能發生該檔案無法備份的情形。如要取回資料，點選還原再選擇要還原之檔案路徑即可還原。

3. 資料還原演練

為確保備份資料內容為完整且未受損壞，每年需實施資料還原演練一次。本案於 109 年 11 月完成資料異地備份服務之還原演練測試，可成功還原備份資料，測試紀錄詳如附錄三。

(三) 網路服務平台之系統環境

本平台網站伺服器主機的作業系統採用 Windows Server 2016 標準授權版，網頁程式開發語言採用 ASP.Net 4.5，資料庫採用 PostgreSQL 9.5，平台安裝在國網中心之 VMWare 服務主機，採用 VMWare 的考量乃是為日後有更多使用同時湧進本案之服務平台時，可以在不停止原本服務的情況下依照需求動態且快速地複製出新的伺服器以紓解效能不足的困境。

(四) 開發 DTM 應用服務 QGIS 插件

目前 DTM 加值應用服務平台以 Web API 的方式提供 DTM 加值資料給使用者。服務平台另外開發一 Web 介面，作為示範 API 介接檢索資料。該網站設定為提供程式開發人員進行 API 介接測試，非以提供一般民眾查詢為目的，因此 Web 介面並無整合 DTM 加值資料於底層的電子地圖之上。另外，瀏覽器進行一次檢索之後，必須先清除已取得的資料才能再次檢索。因此，瀏覽器無法在同一時間顯示數筆不同的 DTM 加值資料，也無法讓 DTM 加值資料與使用者的其他資料整合。為了強化一般使用者方便操作 DTM 加值應用分析功能，彌補 Web 顯示介面的功能性不足，著手規劃開發一 QGIS 插件 (QGIS Plugin) 供使用者於 QGIS 軟體上檢索、顯示、操作 DTM 加值資料，進行高階的應用與分析工作 (圖 2-8)。

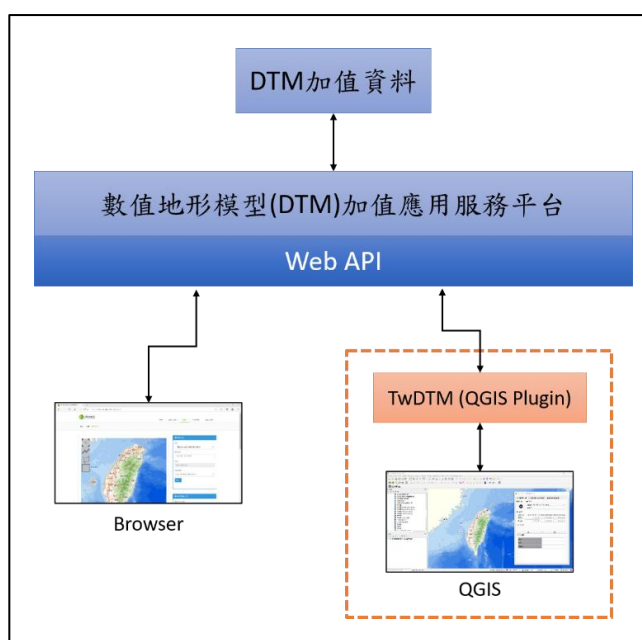


圖 2-8、DTM 加值應用服務平台架構

目前 DTM 加值應用服務平台的 Web 介面提供 15 項主功能（如圖 2-2），其中以坡度分析、坡向分析、等高線分析、多色地圖等 4 項功能的服務量較大。本案在今年度針對 20 公尺解析度的 DTM 加值資料優先開發上述 4 項功能。在規劃中，QGIS 插件被命名為 TwDTM，且須符合以下的要求：

- TwDTM 與 Web 介面在操作介面、邏輯、行為上保持一致
- 安裝過程盡可能的簡單
- 盡可能不包含第三方軟體
- 架構簡單、穩定、易於維護

以下為 TwDTM 的開發步驟與相關說明：

1. 分析 QGIS 平台特性，決定 DTM 插件環境與架構

QGIS 為一開放原始碼之地理資訊系統（Geographic Information System, GIS）處理軟體，其被廣泛地使用在各種 GIS 應用分析上。QGIS 以 C++ 建構，整合 GEOS 和 SQLite，GUI 的部分使用 Qt。QGIS 允許插件以 C++ 或 Python 建構。QGIS 提供最新版與長期維護版（Long-Term Repositories, LTR）兩種版本。目前的版號分別是 3.12.0 和 3.10.3。本案將 TwDTM 建構在長期維護版（3.10.3LTR）之上，以 Python 進行開發，僅使用 QGIS 提供的功能（由 PyQT5 提供），以簡化安裝插件的程序，符合前述的要求。

2. 開發 TwDTM 工具列

目前 DTM 加值應用服務平台包含 15 項主功能，每一項主功能又包含一至數項子功能。為了簡化 TwDTM 的複雜度，因此把每一項子功能獨立成為單一元件，主功能再整合數個子功能元件成為主功能元件。而 TwDTM 工具列是使用者進入 QGIS 平台後，啟動各個主功能元件的起始點（圖 2-9）。

3. 開發細部功能元件

DTM 加值應用服務平台的每一項子功能基本上都是由「地圖選取」、

「參數選擇」、「網路請求」、「結果顯示」等四個部分組成。其中，地圖選取可再細分為單點、矩形、多邊形三個項目。而結果顯示則分成圖片與文字兩種方式。以上各功能均以細部功能元件的形式獨立開發（圖 2-9）。

4. 整合細部功能元件，開發子功能與主功能元件

依據子功能的需求，整合多個細部功能元件，成為單一子功能元件。接著整合子功能元件成為主功能元件（圖 2-9）。例如，「坡度分析」主功能包含 7 個子功能。其中的子功能「坡度分級影像（7 級）」整合了矩形地圖選取、參數選擇、網路請求、圖片結果顯示等細部功能元件（圖 2-10）。

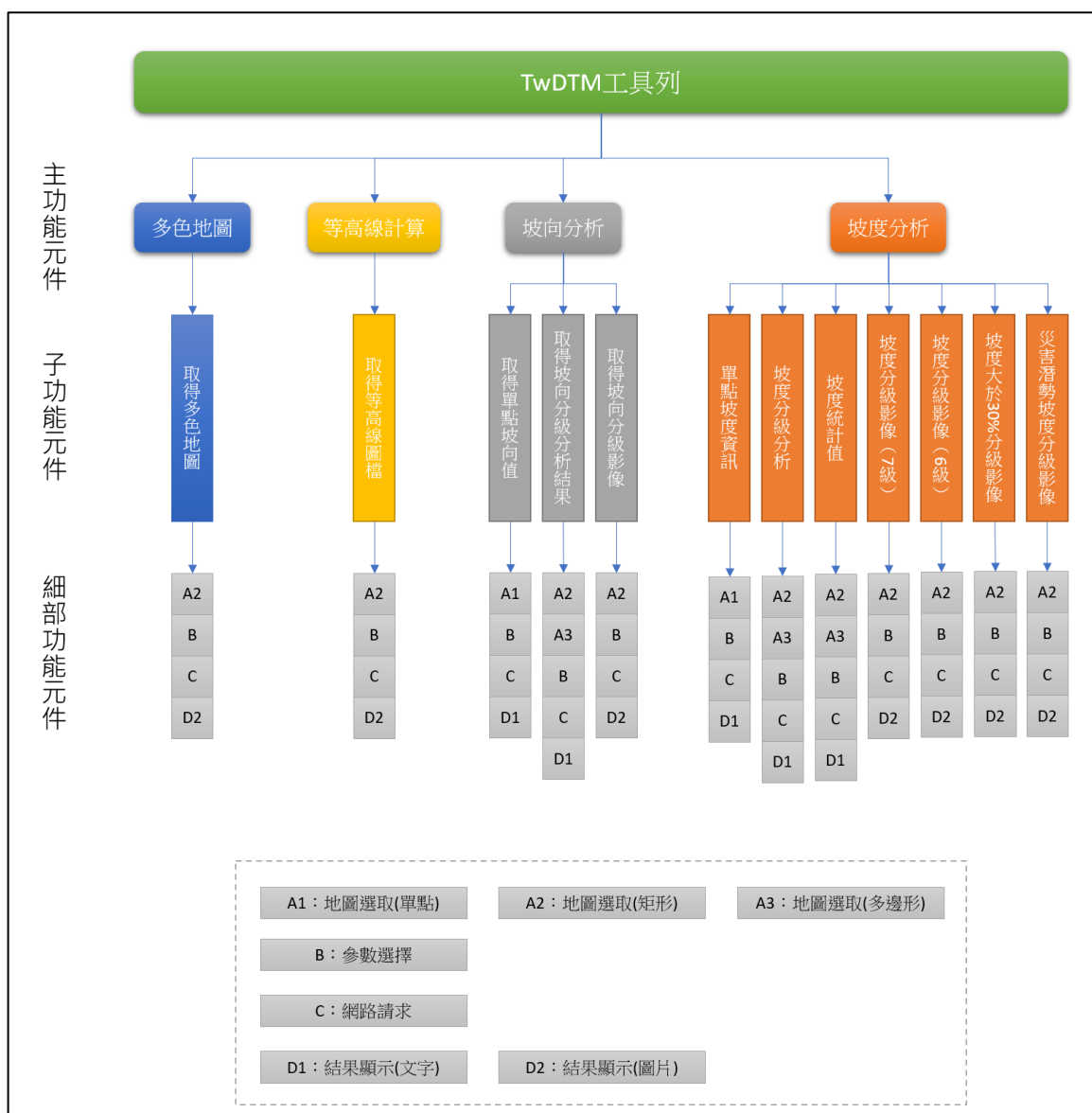


圖 2-9、TwDTM 架構示意圖

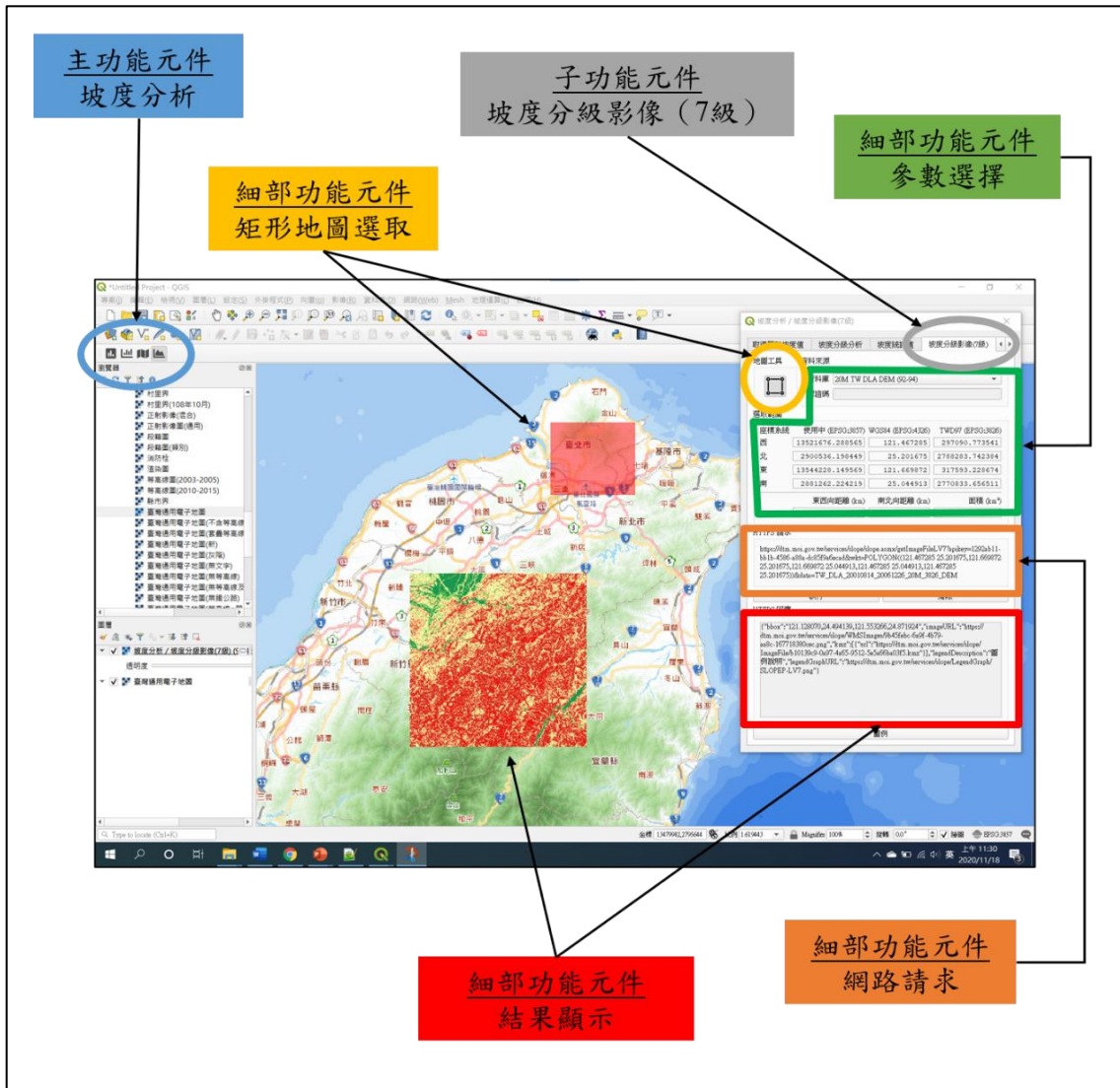


圖 2-10、TwDTM 各級元件實例

圖 2-11 以子功能「坡度分析 / 坡度分級影像 (7 級)」為例，說明各細部功能元件之細節：

- 地圖工具：在底圖上選取需要檢索 DTM 加值資料的區域。地圖工具可再細分成單點、矩形、多邊形三種。分別對應不同的資料特性。
- 資料來源：選擇 DTM 資料的來源。例如某選項為「20M TW DLA DEM 92-94」，其中 20M 代表 DTM 資料為 20 公尺解析度，TW 代表台灣本島，DLA 代表內政部地政司，DEM 代表 Digital Elevation Model (不包含人工建築物)、92-94 代表民國 92 年至 94 年。

- 選取範圍：顯示選取區域的地理資訊。「使用中」代表 QGIS 右下角標示之坐標系統，「WGS84」顯示經緯度資訊，「TWD97」顯示 TWD97 二度分帶坐標。而「東」、「南」、「西」、「北」分別為選取區域的 4 個邊界坐標。
- HTTPS 請求：顯示索取資料的 Web API 指令。該指令可直接拷貝至瀏覽器網址列執行，所得結果與使用 Web 介面相同。
- 執行：執行 Web API 指令索取資料。
- 清除：清除已設定之參數。
- HTTPS 回應：執行指令後 DTM 加值應用服務平台回覆之資料。該資料為 JSON 格式，DTM 加值資料即嵌於此 JSON 資料物件之中。此內容與 Web 介面顯示的結果相同。
- 圖例：若干 DTM 加值資料包含有圖例，此按鍵可顯示圖例於一彈出視窗。

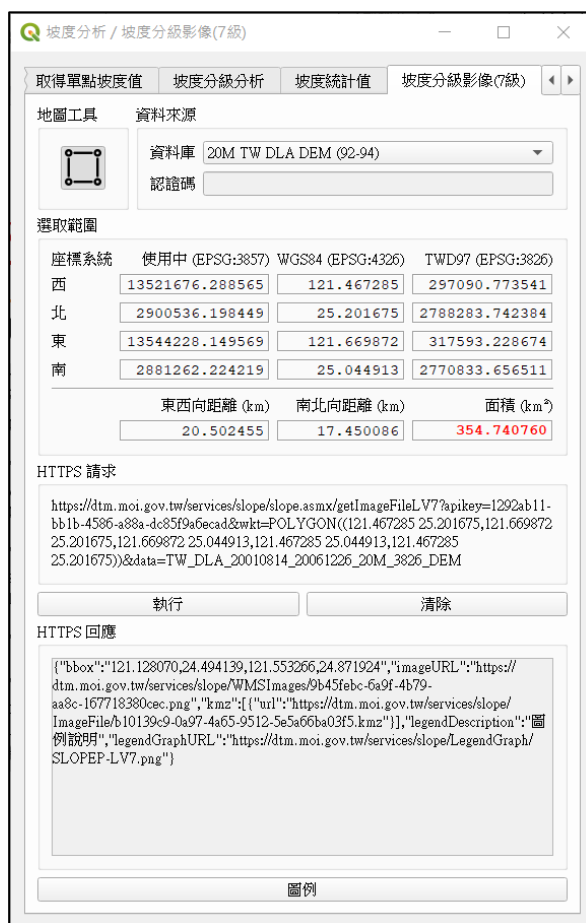


圖 2-11、「坡度分析 / 坡度分級影像 (7 級)」之操作介面

圖 2-12 以子功能「坡度分析 / 災害潛勢坡度分級影像」為例，示範整個操作流程

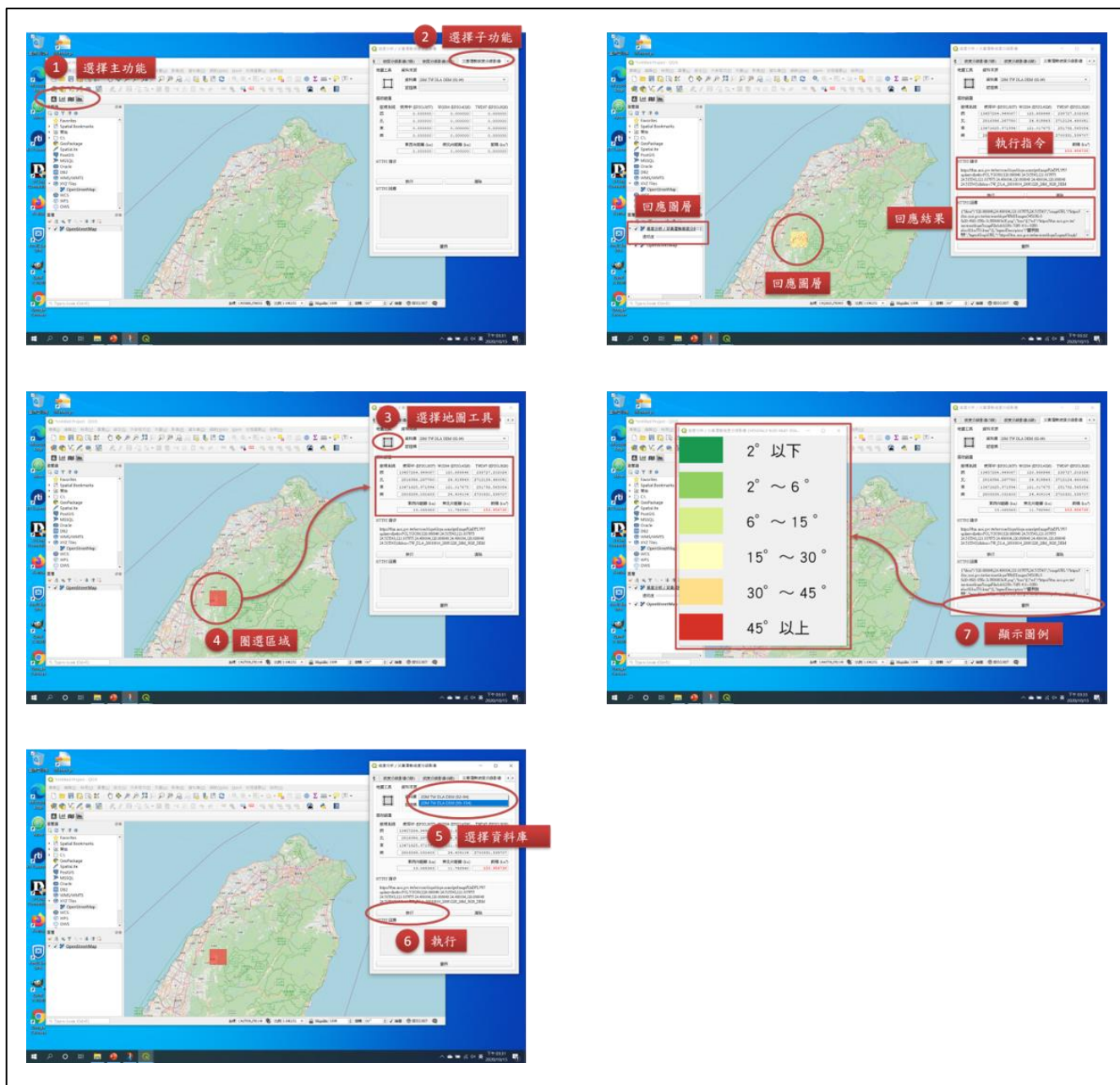


圖 2-12、「坡度分析 / 災害潛勢坡度分級影像」之操作流程

圖 2-13 示範 4 項 DTM 加值資料同步顯示。圖中西邊的圖層為多色地圖。南邊的圖層為等高線，且等高線已半透明顯示。東邊是坡向分級影像。北邊區域的坡度分級分析則顯示在 TwDTM 介面之中。

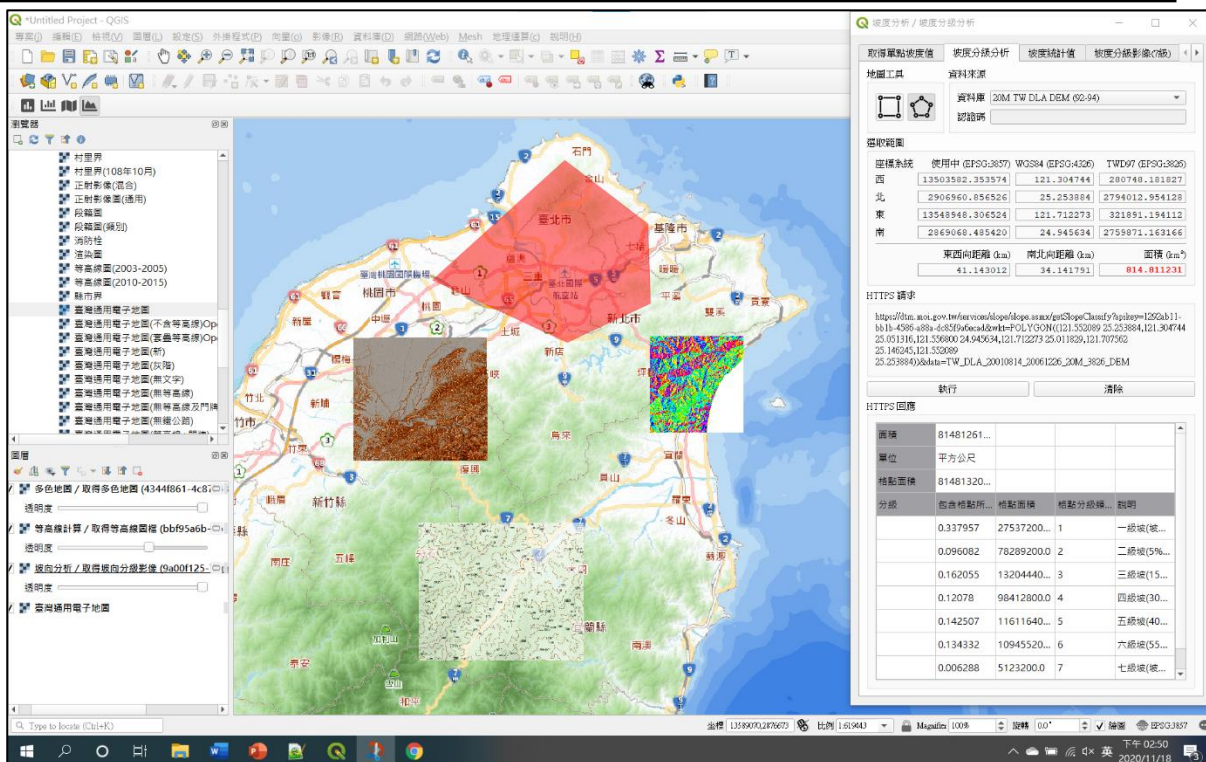


圖 2-13、多項 DTM 加值資料同步顯示

圖 2-13 除了包含 TwDTM 同步顯示多項 DTM 加值資料的能力，也展示了圖層可半透明顯示的功能。這些能力凸顯了 TwDTM 在功能性與互動性上的優勢，確實能夠讓使用者簡便的使用 DTM 加值資料，並進行進階的操作。

目前 TwDTM 已公布於 DTM 加值應用服務平台的網站上（圖 2-14，<https://dtm.moi.gov.tw/software.aspx>）。使用者可從該頁面下載安裝程式（TwDTM 目前支援 Windows、Linux、MacOS 三種作業系統）與使用說明。此外，該頁面也羅列 TwDTM 的改版資訊，QGIS 的相關訊息，供使用者參考。

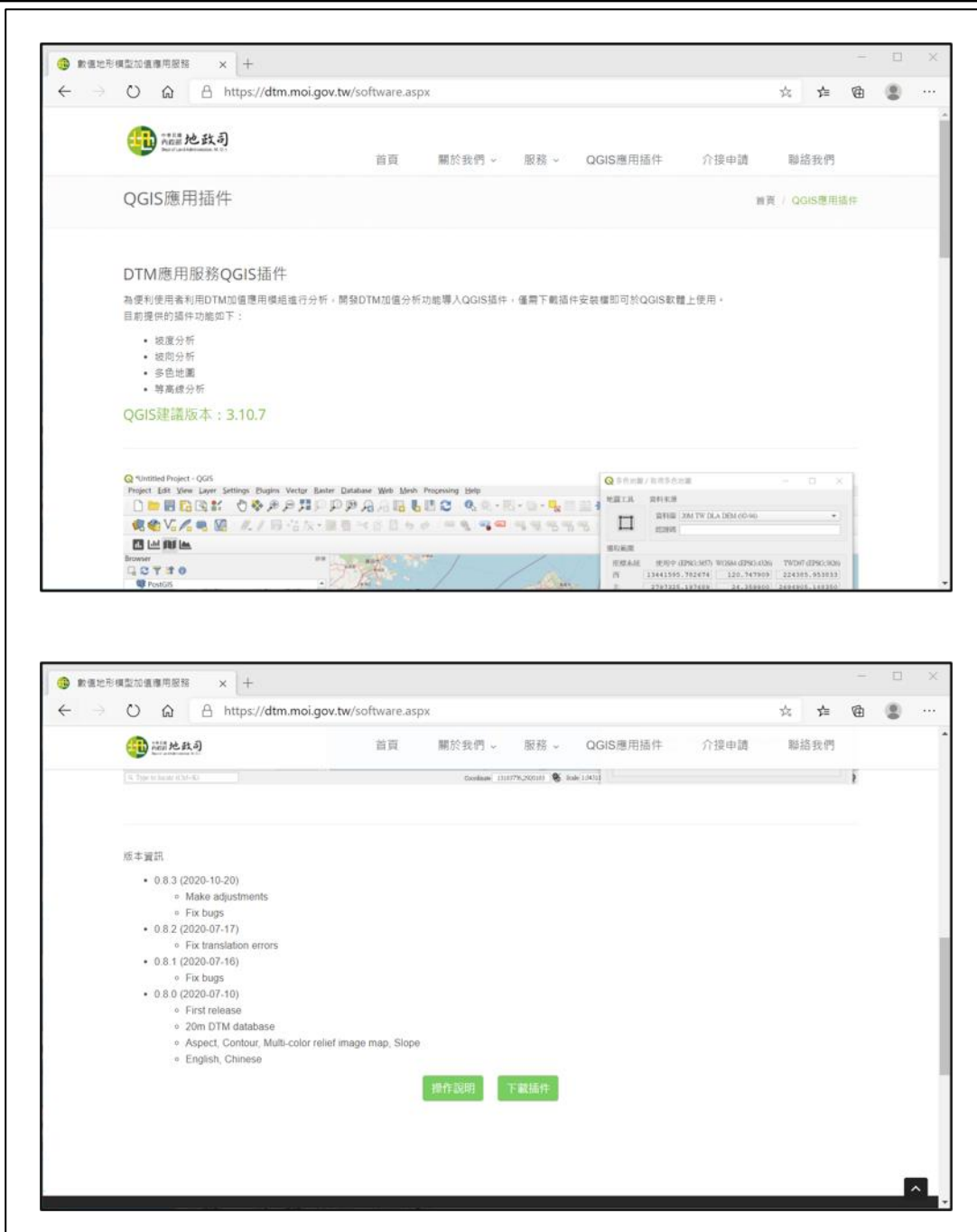


圖 2-14、TwDTM 下載網頁

內政部今年度辦理「2020 國土測繪圖資 GIS 專題應用競賽暨研習活動」，針對高中職與大專院校學生舉辦三場研習會，活動日期如表 2-2。本案配合研習會議程，於會中安排 30 分鐘之 QGIS 插件-TwDTM 教育訓練，包含 QGIS 與 TwDTM 的下載、安裝與使用之教學與實機操作。活動照片如圖 2-15~2-17。

表 2-2、「2020 國土測繪圖資 GIS 專題應用競賽暨研習活動」研習會場次

梯次	場次	日期	地點
第一梯次	南部場	7 月 15 日 (三)	國立鳳新高級中學
第二梯次	北部場	7 月 21 日 (二)	新北市立海山高中 新北市地理學科中心
第三梯次	中部場	7 月 23 日 (四)	逢甲大學 地理資訊系統研究中心



圖 2-15、研習會課程活動照片-南部場



圖 2-16、研習會課程活動照片-北部場



圖 2-17、研習會課程活動照片-中部場

另依本案議約要求，於109年10月16日假台北恆逸教育訓練中心電腦教室辦理「數值地形模型加值應用服務案成果暨影像三維高速建模服務研習會」，會中進行TwDTM插件教學與實機操作，以及本案相關服務成果推廣，活動議程如表2-3，活動照片如圖2-18。現場同步於內政部地政司臉書粉絲專頁進行線上直播，現場參加與線上觀看人數共計約62人次。

表 2-3、「數值地形模型加值應用服務案成果暨影像三維高速建模服務研習會」議程

時間	內容	講師
09：50～10：00	報到	
10：00～10：20	數值地形模型資料與加值應用服務介紹	施奕良 組長
10：20～10：50	數值地形模型加值應用 QGIS 插件介紹與實作	陳瑋陞 專案副研究員
10：50～11：00	中場休息	
11：00～11：20	數值地形模型圖資供應平台介紹	杜國銘 工程師
11：20～11：40	影像三維高速建模服務介紹	林孜彥 專案副研究員
11：40～11：50	Q&A 時間	



圖 2-18、研習會活動照片

二、DTM 圖資供應平台維運

(一) 提供 DTM 圖資供應平台作業環境與維運

內政部已於 108 年度之專案由國網中心完成數值地形模型(DTM)及高精地圖(HD Maps)之圖資供應平台，依上述二種類圖資供應機制的規劃，因圖資之管理及申請審查核可單位均為內政部地政司，為利於使用者提高圖資申請供應的行政效率，因此建置單一入口串接 DTM 與 HD Maps 此兩類圖資之供應平台(如圖 2-19)。

本平台網站伺服器主機的作業系統採用 Widnow Server 2016 標準授權版，網頁程式開發語言採用 PHP7.3.7，資料庫採用 MariaDB10，平台安裝在國網中心之 VMWare 服務主機。本年度持續提供相關作業環境與維運服務，並提供 20TB 之供應圖資儲存空間的倉儲環境服務(目前已使用 DTM 約 4TB、HD Maps 約 1.6TB)。



圖 2-19、數值地形模型(DTM)及高精地圖(HD MAP)供應平台架構

DTM 圖資供應部分於 109 年 2 月份正式對外提供申請服務，至 109 年 11 月份註冊人數共 323 人，累計核可案件數共 78 件、供應 61,240 張實體圖幅。(如表 2-4)

表 2-4、DTM 圖資供應平台 109 年 2 月至 11 月使用量

累計月	註冊總人數	累計申請件數	核可申請件數	(核可) 累計申請圖幅數
2-11	323	88	78	61,240
排行	申請單位			申請次數
1	內政部國土測繪中心			14
2	行政院農業委員會水土保持局南投分局			10
3	經濟部水利署第九河川局			8
4	行政院農業委員會林業試驗所			8
5	雲林縣政府工務處			5
6	桃園市龜山地政事務所			4
7	國立自然科學博物館			4
8	桃園市政府養護工程處			4
9	教育部			4
10	經濟部國營事業委員會			4

開放服務後，為便利使用者了解平台操作及申請相關問題，增加 DTM 簡易操作問答頁面。於首頁新增「操作問答」按鈕(如圖 2-20)，可快速進入該頁面了解平台註冊與申請等相關內容。



圖 2-20、首頁紅框處新增操作問答按鈕

問答頁面包含操作流程文件下載按鈕，以及問答分類連結（如圖 2-21）。問答分類為網站註冊、圖資申請、審核狀態、取得圖資等四個階段可能遇到問題的處理方式，每個問題以展開式欄位呈現，點擊問題欄位會朝下展開，顯示出回答（如圖 2-22）。



圖 2-21、操作問答頁面

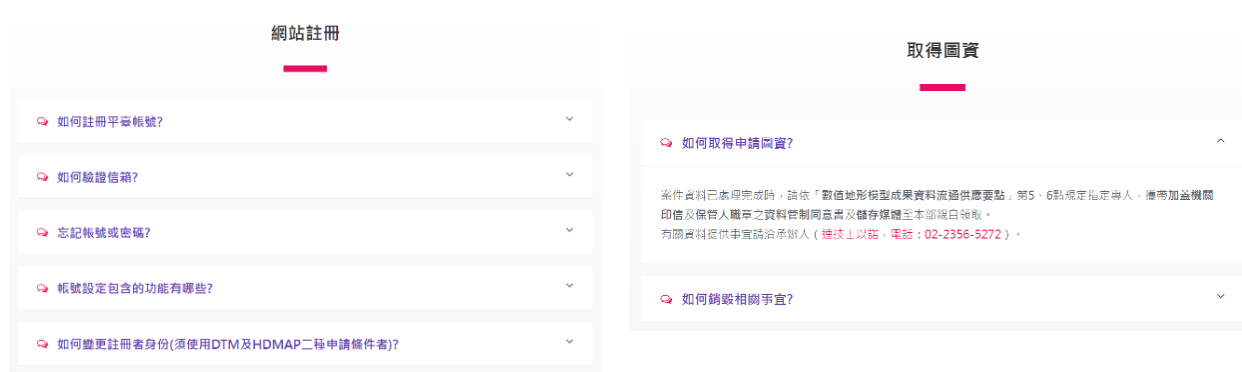


圖 2-22、問答內容展開樣式

(二) 開發視覺化選取圖資功能

有鑑於申請單位多對於圖幅號與對應之地理位置較不熟悉，需藉由 GIS 系統查詢所需區域之圖幅編號，為加快申請者選取之直覺性，除了保留原本上傳圖幅編號的功能外，新增 2D GIS 地圖視覺化選取圖幅功能，優化整體的申請流程，加快審核效率。

本功能以 2D WEB GIS 結合 Javascript，並使用 Polygons(多邊形)圖形繪畫技術，先將臺灣 1/5000 圖幅框繪製於 2D WEB GIS 底圖中，再整合 Select-Polygons Plugins，來開發選取多 Polygons 的技術。讓申請者在圖台上利用滑鼠的點擊或圈選動作選取 Polygons，同時記錄每一個圖幅 Polygon 的編號，以 Session 的方式來儲存，並開發相對應 Polygon 單選取消、Polygon 多選取消的功能。

操作流程如下：

1. 申請表單顯示匯入 CSV 檔或視覺化圖幅框選取模式 (如圖 2-23)

- (1) 上傳 CSV 圖幅編號檔：適用於已確認圖幅清單，匯入圖幅編號之 CSV 檔案後自動帶入圖幅編號資料，以圖幅框顯示套疊於圖台地圖上，提供申請者依需求自行增減選取圖幅框進行申請選取。
- (2) 視覺化圖幅框選取：依圖台地圖上顯示之圖幅編號框，自行增減選取圖幅框進行申請選取。可透過矩形選取大範圍圖幅，適用於不清楚圖幅編碼原則之申請者使用。

選取模式後將進入視覺化圖幅選取頁面。



圖 2-23、申請表單新增圖幅選取模式按鈕示意圖

2. 視覺化選取圖幅框

藉由圖台上顯示之全臺灣之圖幅框，方便申請者於申請時易於辨識所選圖幅框是否符合申請計畫內容；右側框選清單將依左側圖幅框增減選取同步變化。(如圖2-24)

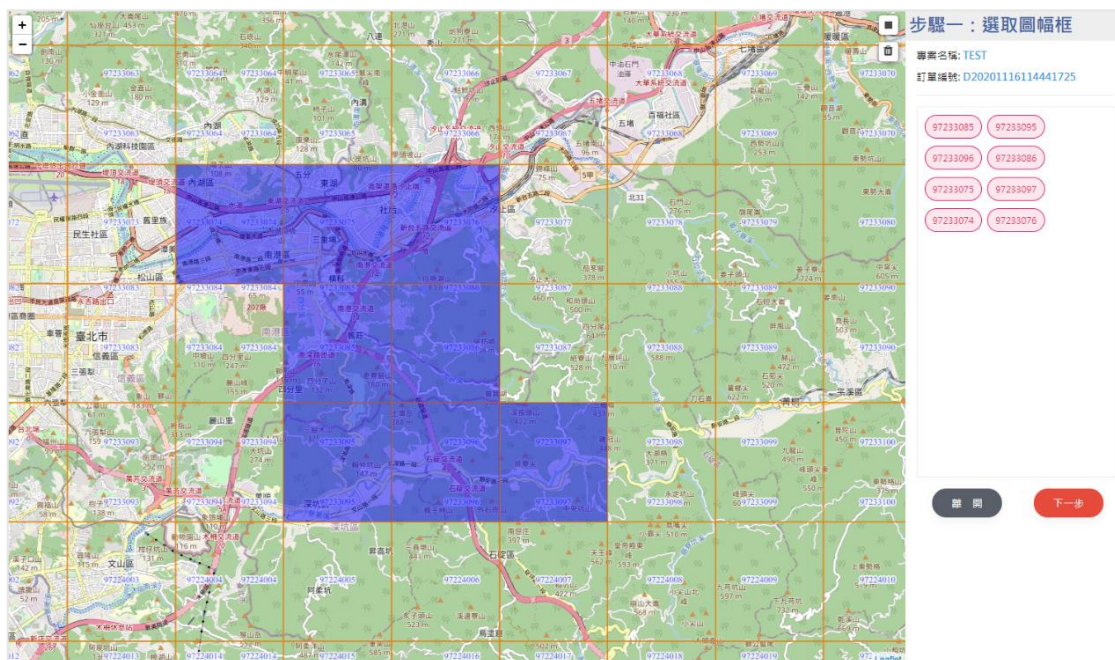


圖 2-24、視覺化圖幅框選取頁面示意圖

3. 選取申請成果項目

系統依據上一步驟已選取之圖幅框(色塊圖層表示)，列出符合之申請成果項目，申請者視計畫需求勾選符合專案計畫成果項目；此階段為選取申請成果項目，如需變更左側已顯示之圖幅框時，須透過「重設圖幅框」按鈕回到上一步驟重新框選。(如圖2-25)

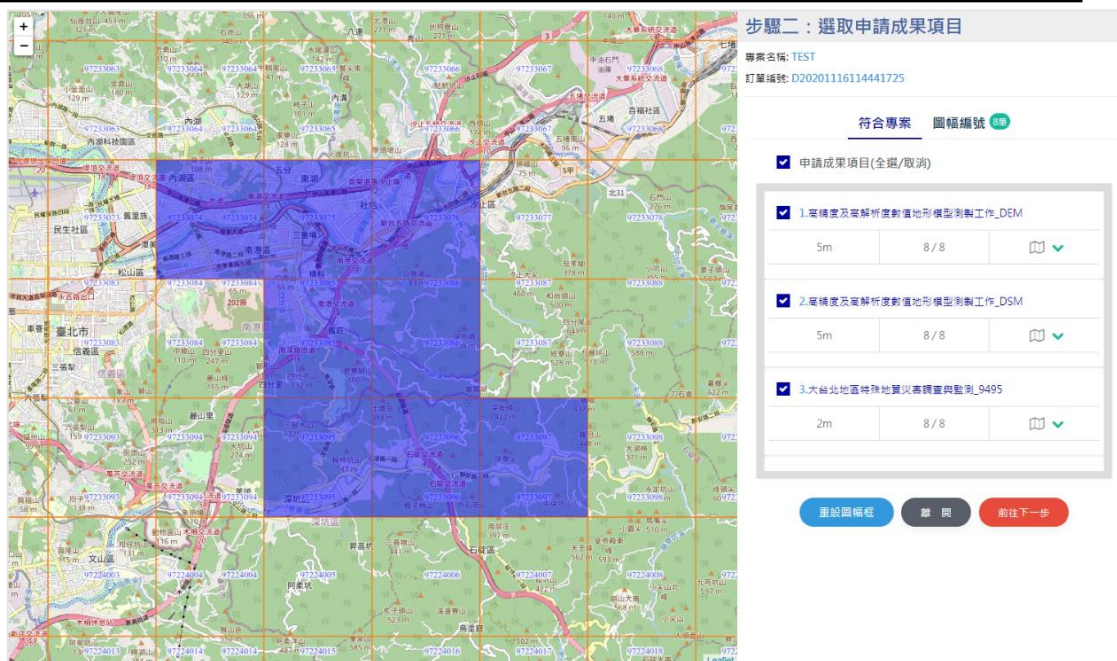


圖 2-25、確認圖幅框選取示意圖

4. 預覽申請內容

操作界面的目的，申請圖幅清單表列出已框選圖幅框所符合之申請專案名稱、解析度、專案總數。(如圖2-26)



圖 2-26、預覽申請內容

(三) 網路下載傳輸過程之保密措施可行性評估

DTM 圖資屬於公務機密的範疇，因此圖資供應需符合使用規範。首先，資料儲存設備與網路之間必須做到實體隔離，確保資料儲存在安全的環境。此外，資料本身必須先經過隱碼與加密的處理，以保障即使資料洩漏後仍無法使用，甚或是可追查洩漏者。另一方面也研擬 DTM 圖資的網路傳遞機制，配合安全通道、多次加密與認證等方式，確保在傳遞過程中資料的安全性符合規範，最後考量現行圖資供應服務架構，規劃 3 個 DTM 圖資網路供應機制方案，提供機關未來執行網路傳輸下載之參考依據。

1. 方案一：Hinet專線/VPN+保密裝置

傳送和接收端之間以HINET專線構成VPN連線，資料傳輸間經過保密裝置加密及解密，以達到機密檔案安全傳輸（如圖2-27）。

這種架構主要是使用專線搭建VPN連線，傳送端和接收端的內部網路各自透過認證的保密裝置對外連線，整個網路將形成專屬的網路環境。認證的保密裝置由認證機構專人進行設定與維護，提供身分驗證及專屬的資料加密保護功能。

在這種架構下，除了由VPN連線提供安全傳輸通道之外，傳送端及接收端發送出的數據封包都會由認證的保密裝置進行加密保護處理，才往外部網路送；收到封包時由認證的保密裝置解密還原處理後，進入內部網路。因此，可以達到明文檔案系統與非信賴網路實體隔離的效果。

這種架構的優點在於只需透過認證的加密裝置連接對內和對外網路，架構佈署單純；而在使用上無須額外操作，在傳輸過程中透過認證的加密裝置即自動進行專屬的加密處理。缺點在於必須由專人進行設定和維護的工作，如果加密裝置發生問題，可能需要一些時間才能處理，排除問題時間長，影響整體系統的運作。

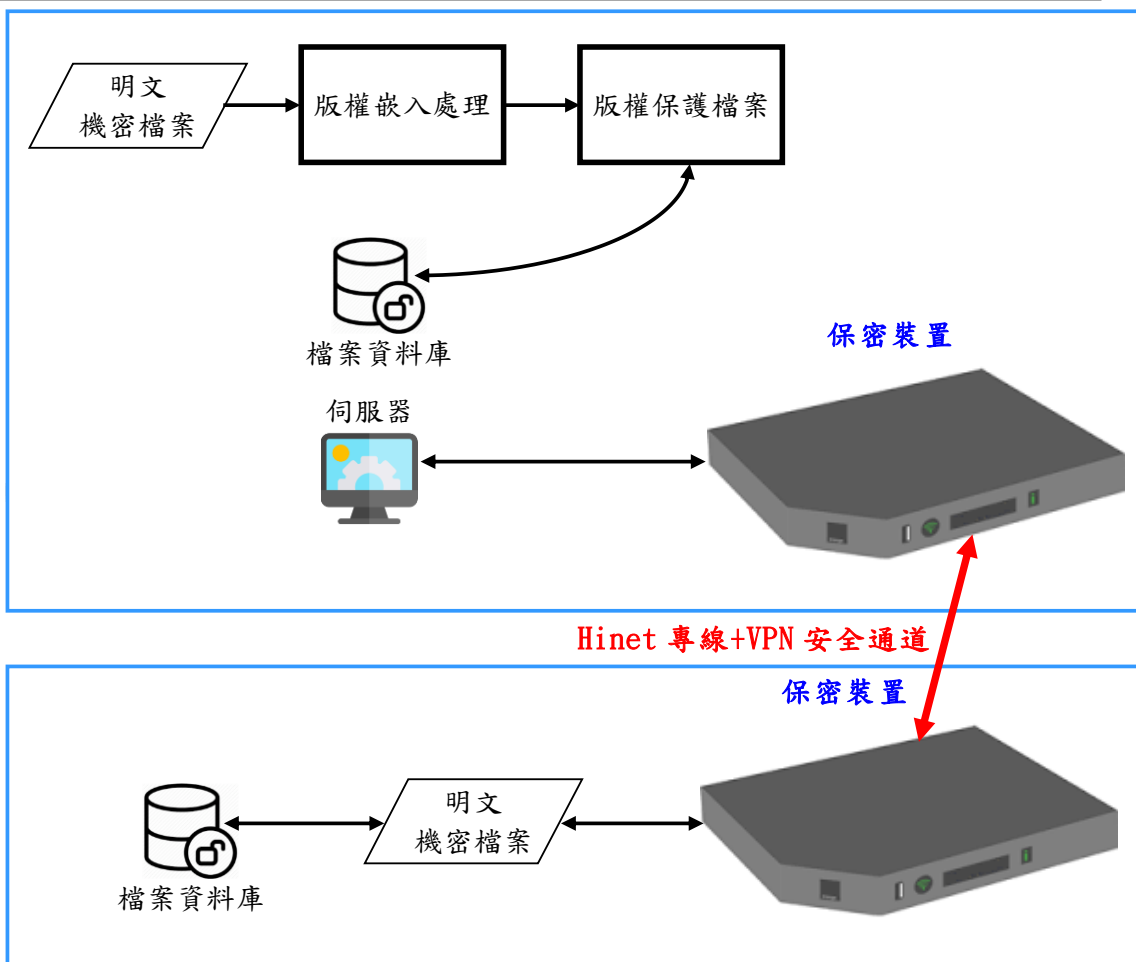


圖 2-27、HINET 專線/VPN+保密裝置架構圖

2. 方案二：資料單向傳輸閘道(Data Diode)+VPN+檔案加密保護

機密檔案儲存/傳送系統經由資料單向閘道裝置連接網路，同時在傳送和接收系統間以VPN構成安全傳輸通道，檔案在傳送前會先保密保護，接收者在接收到檔案之後，也必須在可信賴網路區域進行檔案解密（如圖2-28）。

這種架構主要是使用VPN連線建構傳送和接收端間的資料安全傳輸通道，傳送端在內部可信賴網路和對外提供檔案下載服務的伺服器之間使用資料單向閘道裝置連接。資料單向傳輸閘道為基於硬體的實體單向設計，在硬體線路的設計上只有發送腳位(TX)，沒有接收腳位(RX)，利用這種只能對外單向傳輸的特性，達到內部可信賴網路與對外網路近似實體隔離的效果。

此外，檔案由內部可信賴網路傳送到檔案下載伺服器儲存之前，將使用檔案加密保護系統進行加密保護。接收端由檔案下載伺服

器取得的檔案為加密保護型式，接收端收到檔案之後，再用對應的檔案解密程式及傳送端提供的密碼還原機密檔案。

這種架構的優點在於資料單向傳輸閘道為基於硬體的實體單向設計，由於外部信號無法發送進來，因此不會遭到惡意軟體攻擊和滲透；而由硬體自動把關，也具備使用方便的優點。缺點則在於資料單向傳輸閘道設備的管理控制較為複雜，費用昂貴；而在檔案加密保護上並未提供一體的規劃設計，必須另外佈署檔案加密保護系統。

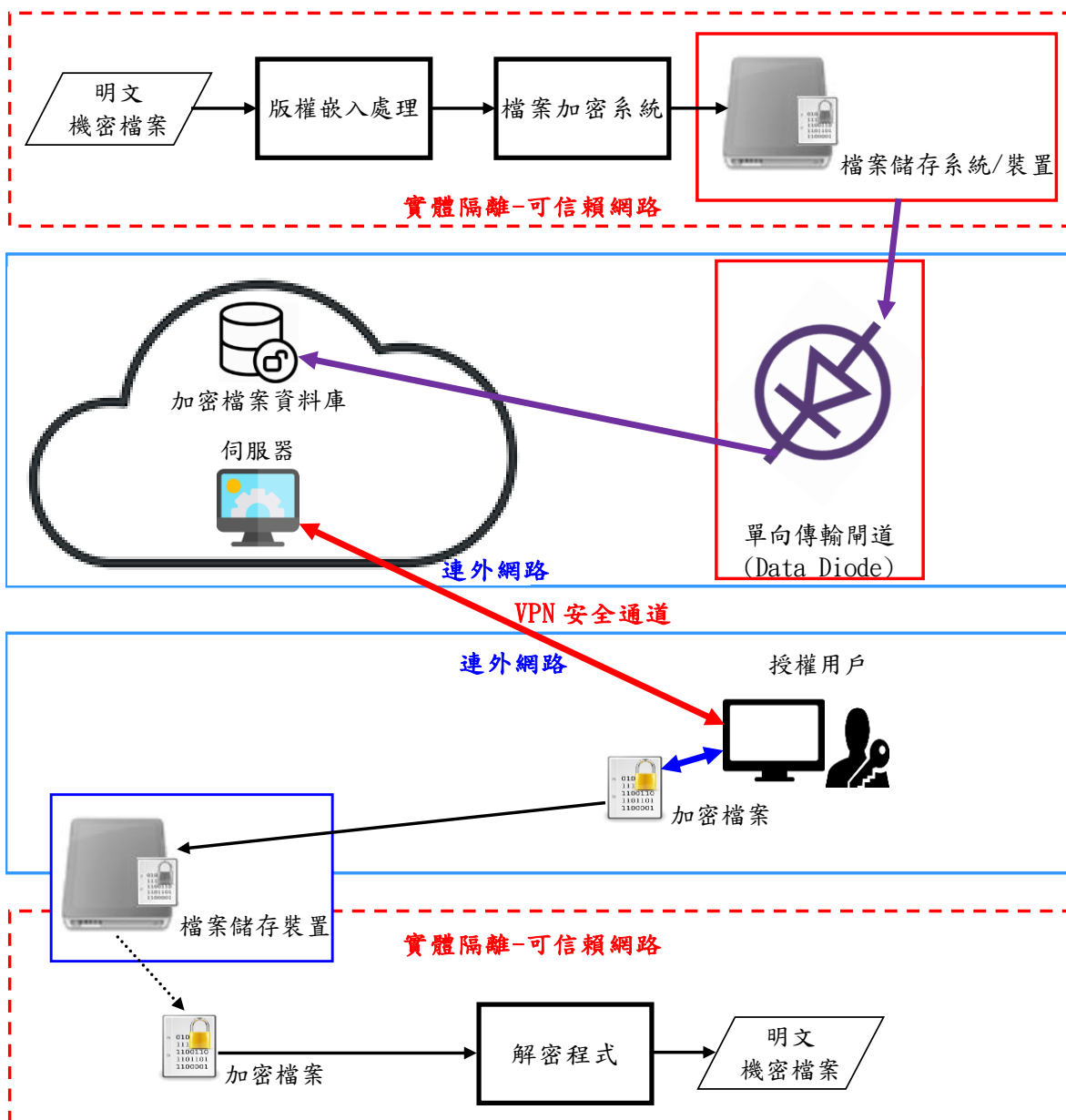


圖 2-28、資料單向傳輸閘道(Data Diode)+VPN+檔案加密保護架構圖

3. 方案三：檔案客製化保護封裝/檔案系統+VPN+檔案客製化保護解封裝

機密檔案會在可信賴網路區域進行專屬加密保護，然後將待傳送檔案複製至待傳送檔案儲存裝置/外傳作業處理系統；然後將待傳送檔案儲存裝置/外傳作業處理系統斷開可信賴網路區域連線，轉而連線至可連外網路，以提供給使用者下載。使用者下載檔案後，應存放至可信賴網路區域，然後使用客製化保護解封裝程式及所取得的密碼，解密明文機密檔案至儲存裝置。

設計主要重點包含機密檔案處理系統及儲存裝置和強化檔案傳送過程每一道關卡的安全性，包括身份驗證、傳送資料的內容保護及內容未經竄改確認。依據系統網路環境，提供可攜式儲存媒體傳送和網際網路傳送兩種類型的傳送方案。所傳輸的檔案會經過加密保護，並計算檔案雜湊值及簽章，解密檔案時，會確認檔案內容未被竄改，且來源是可信任（如圖2-29）。

這種架構主要是使用強化的VPN連線建構傳送端和接收端間的資料安全傳輸通道，強化的VPN連線是由符合FIP140-2的USB dongle來提供身分驗證。傳送端從內部可信賴網路到對外提供檔案下載服務的伺服器之間的檔案傳遞是透過專屬檔案系統的儲存裝置。在這種架構下，機密檔案在可信賴網路區域環境下以客製化專屬加密保護程式，對檔案進行ERT加密保護和簽章並儲存至專屬檔案系統的儲存裝置，儲存裝置本身也經過ERT加密進行整體保護。然後移除專屬檔案系統儲存系統/裝置和可信賴網路的連線，並連接至外網連線區域環境。利用這樣的連線方式，來達到內部可信賴網路與對外網路實體隔離的效果。

這種架構優點在於ERT加密保護技術具備極高複雜度的安全等級，在加密時同時進行簽章可在接收端解密時驗證其簽章，確保檔案的完整性和來源可信賴性。在專屬檔案系統儲存格式的設計之下，只有使用專屬讀寫程式才能正確讀寫檔案。由於作業系統無法辨識這種專屬檔案系統，因此能防止儲存裝置受到病毒感染而導致可信賴網路被入侵或資料遭竊。此外，提供符合FIP140-2 USB dongle的身分驗證機制，更能保障安全的傳輸通道。缺點是切換專屬檔案系統儲存裝置與內網和外網的連線時，需透過人員來進行。

另外在解密客製化保護封裝檔案時，需要搭配USB dongle及密碼才能解密出明文檔案，這樣不但可以確保檔案在網路傳送過程即使被駭，也無法取得明文內容，同時也可以保證儲存封裝檔案裝置遺失時，明文檔案內容不會外洩。

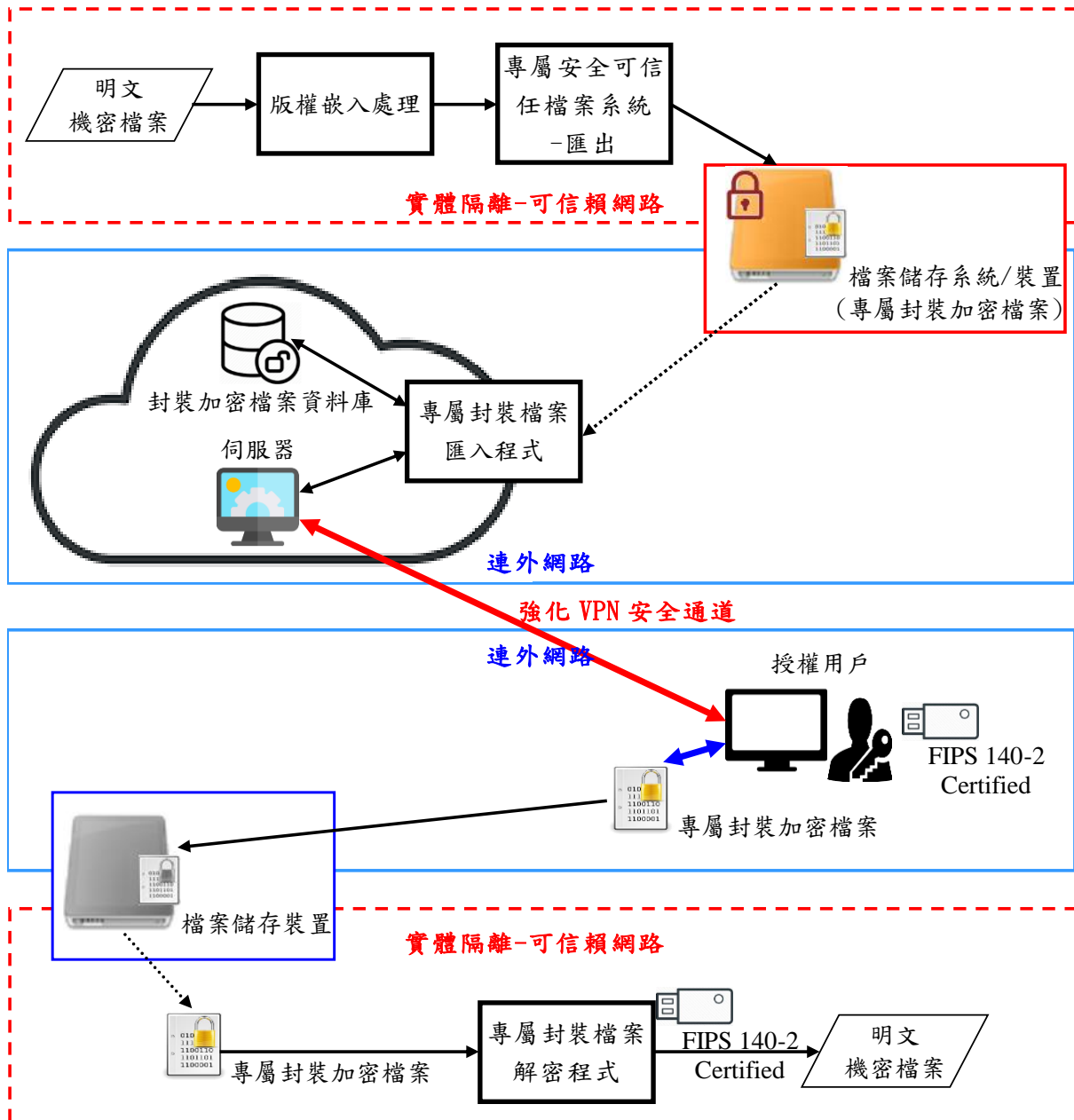


圖 2-29、檔案客製化保護封裝/檔案系統+VPN+檔案客製化保護解封裝架構圖

建置設備及成本如表 2-5。

表 2-5、網路下載傳輸過程之保密措施可行性方案建置設備與成本

		方案一	方案二	方案三
建置費用	總計	215 萬	470 萬	480 萬
	開發服務費	200 萬	200 萬	460 萬
	硬體建置費	15 萬(3 台主機)	<ul style="list-style-type: none"> • 單向傳輸閘道器約 250 萬 • 其他設備約 20 萬(4 台主機) 	20 萬(4 台主機)
	其他	中華電信 HiNet 專線 (未包含, 另計)	國網中心網路費 (已含)	國網中心網路費 (已含)
維護費用		約 160 萬 維護費、水電費+ 每月中華電信專 線月租費	約 120 萬 單向傳輸閘道器維護 費+維護費+國網中心 網路費用、水電費	約 70 萬 維護費+國網中心 網路費用、水電費

上述三個方案依環境建置、網路傳輸、長期維護等成本考量，分析優缺點如表 2-6，提供機關未來執行網路傳輸下載之參考依據。

表 2-6、網路下載傳輸過程之保密措施可行性方案比較表

	方案一	方案二	方案三
優點	<ul style="list-style-type: none"> ● 傳輸層安全性協定 ● 符合國家機密安全認證 	<ul style="list-style-type: none"> ● 傳輸層安全性協定 ● 防止反向傳輸 ● 單向傳輸閘道器可符合網路實體隔離規範 	<ul style="list-style-type: none"> ● 傳輸層安全性協定 ● 實體檔案隔離 ● 軟體實作即可達到相當高的安全等級 ● 配合USB硬體鎖提供身分驗證 ● 長期維護費用最少
缺點	<ul style="list-style-type: none"> ● 需委請國安局協助設備維護汰換 ● 需申請網路專線，每年專線費用高 ● 長期維護費用高 	<ul style="list-style-type: none"> ● 單向傳輸閘道器的管理控制較為複雜 ● 單向傳輸閘道器的費用昂貴 ● 需另外佈署檔案加密保護系統 ● 建置費用高 ● 長期維護費用較方案一少 	<ul style="list-style-type: none"> ● 前期開發驗證時程較長 ● 儲存設備搬運過程需人工執行 ● USB硬體鎖若遺失或毀損需重新產製
建議優先順序	3	2	1

(四) 開發離線加密供應機制

為配合機關於使用情境與資源調配上的需求，提供一個基於現有網路服務平台架構下，另外設計一套實體資料隔離與網路線上申請整合版的開發架構，確保實體資料交付由內政部統一供應，除了保有線上申請的便利性外，也確保資料供應的安全性。離線加密供應機制流程如圖 2-30，運作步驟如下：

1. 使用者於線上申請系統進行圖資申請，申請單經管理者核可。
2. 已核可之申請單，由管理者下載該申請單之 JSON 格式檔案，JSON 檔案中包含申請單相關資訊，包含訂單編號、圖幅資料等。
3. 管理者將 JSON 格式檔案，手動上傳至隱碼資料庫管理系統。
4. 管理系統先進行檔案前置處理，確認檔案格式之正確性。
5. 呼叫版權嵌入模組進行版權嵌入作業。
6. 版權嵌入作業完成後，壓縮加密模組進行檔案壓縮及加密作業。
7. 管理者下載已完成加密之壓縮檔。
8. 管理者通知使用者作業完成，並以實體領取方式供應檔案給申請者。

後續將配合機關需求，進行實體隔離區之隱碼資料庫管理系統安裝，以及線上/離線流程串接測試。

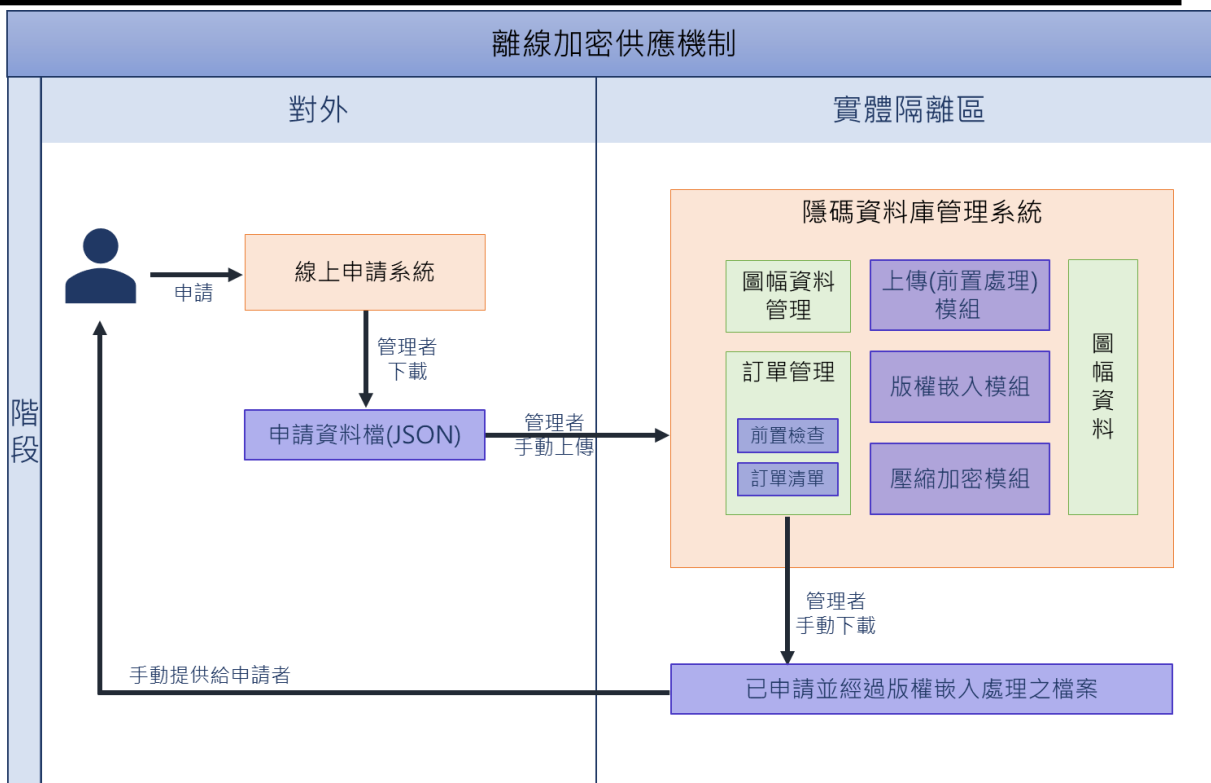


圖 2-30、離線加密供應機制流程圖

三、DTM 成果管理優化

(一) 檢核與修正機關管理供應 DTM 成果內容

「DTM 成果」係指由內政部主管之全臺 DTM 測製專案圖資，因此進行 DTM 成果內容檢核是確保資料品質與查閱資料過程中相當重要的一個資訊。由於 DTM 成果產製大量的數據，資料詮釋需仰賴各產製單位的作業機制來提供成果的詮釋檔，在大量的數據查閱上是相當耗時的一個過程，也容易產生錯誤的描述現象。因此，為了解決繁複的工作成果檢核，本案針對既有的資料檢核欄位進行研究與了解，並依據規範分析資料異常的態樣，包含檔頭、網格資料的異常描述、詮釋資料的缺漏、資料儲存格式的差異、數據值的錯誤態樣等進行分析，與機關討論修正的作法，並建立一個資料檢核的標準作業機制與自動化的檢核流程，產製符合規範的詮釋資料內容。除了完備資料本身的說明外，也能大幅降低檢核資料的人力與時間成本，提供管理單位一個正確的資料儲存依據參考。

本工作項目分為以下步驟：

1. 分析檔案格式與建立檢核機制

就機關提供之 DTM 成果內的檔頭資料 HDR 檔及網格資料 GRD 檔，進行檔案格式分析，以了解資料內容之錯誤態樣。於 109 年 3 月 12 日與機關進行工作會議，決議檢核專案之初始參數如表 2-7，並以上述參數建立錯誤態樣之修正準則，作為資料檢核程式開發之依據。針對 HDR 檔之 23 個欄位檢核判斷處理方式如表 2-8；GRD 檔之檢核判斷方式如表 2-9。

表 2-7、初始參數表

項目	參數選項
資料類型	DEM / DSM
平面坐標系統	TWD97 / TWD97[2010] / TWD97[2020]

項目	參數選項
高程坐標系統	橢高：TWD97[2010] / TWD97[2020] 正高：TWVD2001
比例尺等級	1000 / 5000 / 自訂
東西向網格間距	1 / 5
南北向網格間距	1 / 5

表 2-8、HDR 檔檢核清單

行數	名稱	判斷依據	檢核結果	對應處理
1	圖幅名稱		空值	與 DataBase 比對並回填
2	圖幅號碼		空值	與檔案 ID 比對並回填
3	平面坐標基準	TWD97 TWD97[2010] TWD97[2020]	空值	回填專案資訊
			是	ok
			否	回報 error 並描述錯誤態樣
4	高程坐標基準	橢高： TWD97[2010] TWD97[2020] 正高： TWVD2001	空值	回填專案資訊
			是	ok
			否	回報 error 並描述錯誤態樣
5	比例尺等級	5000 或 1000	空值	回填專案資訊
			是	ok
			否	回報 error 或註解
6	東西向網格間距	1 或 5	空值	回填專案資訊
			是 (含小數點 0)	ok
			否	回報 error 並描述錯誤態樣
7	南北向網格間距	1 或 5	空值	回填專案資訊
			是 (含小數點 0)	ok
			否	回報 error 並描述錯誤態樣
8	總網格點數	無 GRD 檔	是	回報 empty

行數	名稱	判斷依據	檢核結果	對應處理
		與 GRD 檔一樣	是	ok
		與 GRD 檔不同	是	回填 GRD 參數
9	行數	不檢查		
10	列數	不檢查		
11	圖幅西南隅 E 坐標	比對 GRD 檔最小 X 值	空值	回報 empty
			有	回填 GRD 參數
12	圖幅西南隅 N 坐標	比對 GRD 檔最小 X 值	空值	回報 empty
			有	回填 GRD 參數
13	生產方式代碼	預設生產方式代碼	空值	回報 empty
			是	ok
			否	回報 error
14	生產設備名稱		空值	回報 empty
15	原始資料採集設備名稱		空值	回報 empty
16	飛行高度		空值	回報 empty
17	最高地面高度		空值	回報 empty
18	最低地面高度		空值	回報 empty
19	平均地面高度		空值	回報 empty
20	原始資料生產日期		空值	回報 empty
			有日期	ok
			無日期	回填日期為 00
21	原始資料生產單位		空值	回報 empty
22	DEM(DSM)生成日期		空值	回報 empty
			有日期	ok
			有日期，但日期早於第 20 行	回報 error 並描述錯誤態樣
			無日期	回填日期為 00

行數	名稱	判斷依據	檢核結果	對應處理
23	DEM(DSM)製作單位名稱		空值	回報 empty
24	有修正			新增修正後 HDR 檔，並增加第 24 行，標註為國網中心檢核

表 2-9、GRD 檔檢核清單

項次	檢核項目	檢核內容
1	檢核網格點數	與 HDR 檔第 8 行比對數量
		確認是否重複
		確認是否同點不同高程
2	檢查高程值	與機關提供之最高值與最低值進行比對

2. 檢核程式開發

將上述檢核機制開發為檢核程式，執行步驟依序為（如圖 2-31）：

(1) 比對 HDR 與 GRD 檔案名稱與數量

確認是否有缺漏之檔案與比對檔案名稱。

(2) 檢核 HDR 檔欄位資訊

依據表 2-6 進行欄位檢核與錯誤態樣處理，並產製檢核報告與檢核後之 HDR 檔。

(3) 檢核 GRD 檔內容

依據表 2-7 進行檢核，並產製檢核報告。

(4) 檢核結果存入資料庫

將檢核後更新之 HDR 檔案、檢核報告存入資料庫。



圖 2-31、檢核程式執行流程圖

3. 檢核程式介面圖像化

本案以 LINUX 系統為開發環境進行檢核程式開發，為便利檢核工作之進行，另行開發具有圖形化使用者介面，並相容於 Windows 作業系統之單機版檢核程式。檢核步驟包含：輸入檢核資料、檢查檔案名稱與數目、檢核 HDR 檔案、檢核 GRD 檔案等四個步驟，各步驟說明如下。

(1) 輸入檢核資料

於設定資料目錄欄位指定檢核專案資料讀取位置，並輸入初始化參數（填入項目同表 2-7）

內政部地政司 DTM - 檢查檔案

File Options

設定 >> 檢查檔案名稱數目 >> 檢查hdr檔案 >> 檢查grd檔案 >>

設定資料/O目錄

.hdr檔案目錄>> E:\gisdata\gisdata\test2\dem .grd檔案目錄>> E:\gisdata\gisdata\test2\dem

工作目錄>> E:\dist

初始化參數設定

資料類型 dem 平面座標系統 TWD97 高程座標系統 TWVD2001 比例尺等級 5000

東西向網格間距 1 南北向網格間距 1 max Z 3952.43 min Z -3.0

清除顯示 設定顯示 完成設定

先設定 .hdr 與 .grd 檔案的路徑
output Path 是儲存 log files 與工作過程暫存檔案的地方
product path 是輸出新的 .hdr 檔案的目錄
!!手寫輸入之後要按Enter鍵!!

圖 2-32、檢核專案資料參數設定畫面

(2) 檢查檔案名稱與數目

比對專案內 HDR 檔與 GRD 檔之數量及名稱是否相符，執行完畢後，若有數量比對錯誤，將自動跳出錯誤檔案 Logfile 資料夾位置。

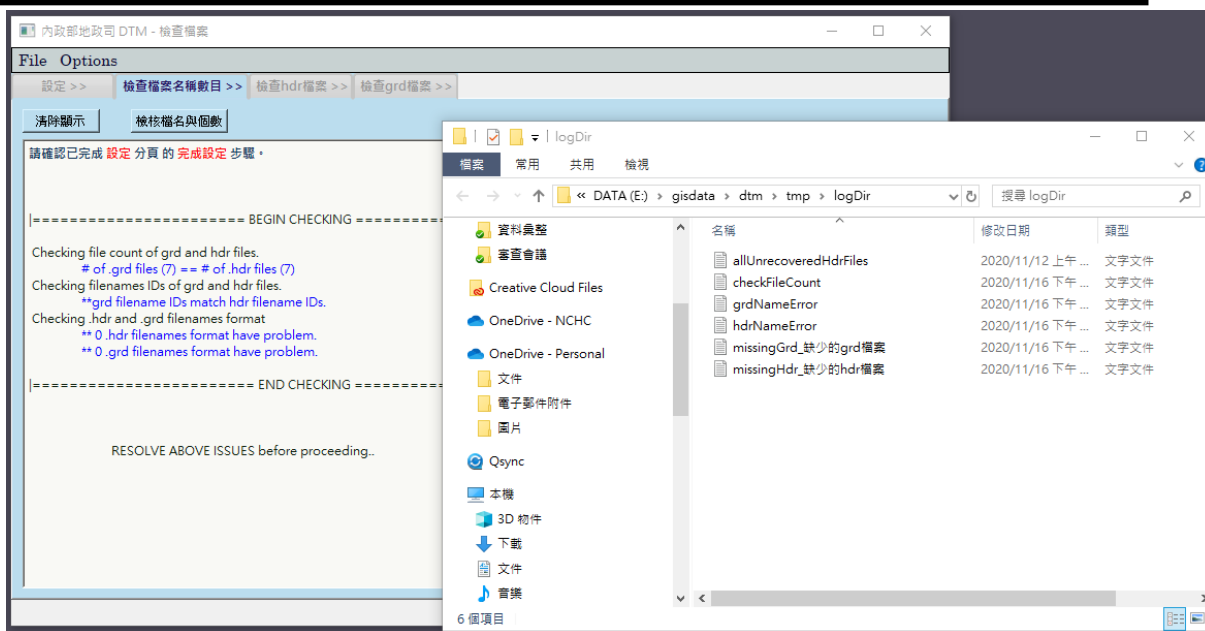


圖 2-33、檔案名稱與數目檢查與錯誤報告檔案視窗畫面

(3) 檢核 HDR 檔案

選擇需檢核之 HDR 資料夾並執行檢核 HDR，完成後將顯示已檢核的檔案以及檢核報告的位置（如圖 2-34）。若 HDR 檔案內容有錯誤訊息將自動跳出錯誤報告頁面（如圖 2-35），錯誤欄位以紅色底圖顯示，可快速提供使用者辨別資訊。

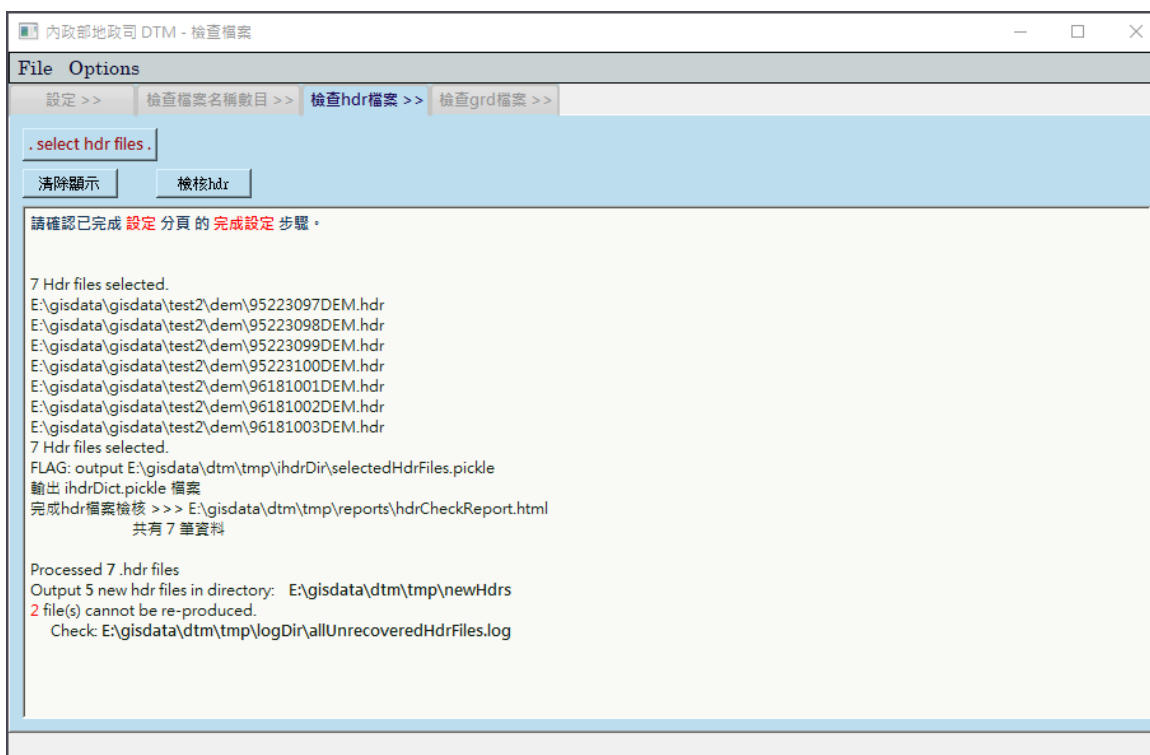


圖 2-34、HDR 檔檢核畫面

(0)檔案名稱	(1)圖層名稱	(2)圖層編號	(3)平面座標	(4)高程座標	(5)比例尺	(6)dx	(7)dy	(8)格網格數	(9)行數 rows	(10)列數 cols	(11)左下 X座標	(12)左下 Y座標	(13)生產代碼	(14)生產設備	(15)採集設備	(16)測行高度	(17)最高地面	(18)最低地面	(19)平均地面	(20)生產日期	(21)生產單位	(22)生成日期	(23)製作單位	原始編碼	修正狀態		
95223097DEM.hdr	ok	ok	原始:TW97[2010] 全域參數:TW97	原始:TW97[2010] 全域參數:TWVD2001	ok	ok	ok	ok	pass	pass	ok	ok	pass	pass	pass	ok	ok	ok	ok	ok	ok	pass	20130401 earlier than (20)	pass	utf-8	False	00110,00000,00000,00000,020
95223098DEM.hdr	ok	ok	原始:TW97[2010] 全域參數:TW97	原始:TW97[2010] 全域參數:TWVD2001	ok	ok	ok	ok	pass	pass	ok	ok	pass	pass	pass	ok	ok	ok	ok	ok	ok	pass	ok	pass	utf-8	True	00110,00000,00000,00000,000
95223099DEM.hdr	ok	ok	原始:TW97[2010] 全域參數:TW97	原始:TW97[2010] 全域參數:TWVD2001	ok	ok	ok	ok	pass	pass	ok	ok	pass	pass	pass	ok	ok	ok	ok	ok	ok	pass	ok	pass	utf-8	True	00110,00000,00000,00000,000
95223100DEM.hdr	ok	ok	原始:TW97[2010] 全域參數:TW97	原始:TW97[2010] 全域參數:TWVD2001	ok	ok	ok	ok	pass	pass	ok	ok	pass	pass	pass	ok	ok	ok	ok	ok	ok	pass	ok	pass	utf-8	True	00110,00000,00000,00000,000
96181001DEM.hdr	ok	ok	原始:TW97[2010] 全域參數:TW97	ok	ok	ok	ok	ok	pass	pass	ok	ok	pass	pass	pass	ok	ok	ok	ok	ok	ok	pass	ok	pass	Big-5	True	00100,00000,00000,00000,000
96181002DEM.hdr	ok	ok	原始:TW97[2010] 全域參數:TW97	ok	ok	ok	ok	ok	pass	pass	nan	nan	pass	pass	pass	ok	ok	ok	ok	ok	ok	pass	ok	pass	Big-5	False	00100,00000,22000,00000,000
96181003DEM.hdr	ok	ok	原始:TW97[2010] 全域參數:TW97	ok	ok	ok	ok	ok	pass	pass	ok	ok	pass	pass	pass	ok	ok	ok	ok	ok	ok	pass	ok	pass	Big-5	True	00100,00000,00000,00000,000

ok: 無錯誤 pass: 不檢查
按此 allUnrecoveredHdrFiles.log 需要修正的 .hdr 檔案

圖 2-35、HDR 檔錯誤報告頁面

(4) 檢核 GRD 檔案

最後執行 GRD 檔案之檢核動作，選擇需檢核之 GRD 檔案並執行檢核 GRD，完成後將顯示以檢核的檔案以及檢核報告的位置(如圖 2-36)。若 GRD 檔案內容有錯誤訊息將自動跳出錯誤報告頁面，錯誤欄位以紅色底圖顯示(如圖 2-37)。因 GRD 檔案可能發生的錯誤描述較多，若需檢視個別的 GRD 錯誤訊息，可由圖 2-38 紅框處的連結開啟錯誤報告(如圖 2-38)。

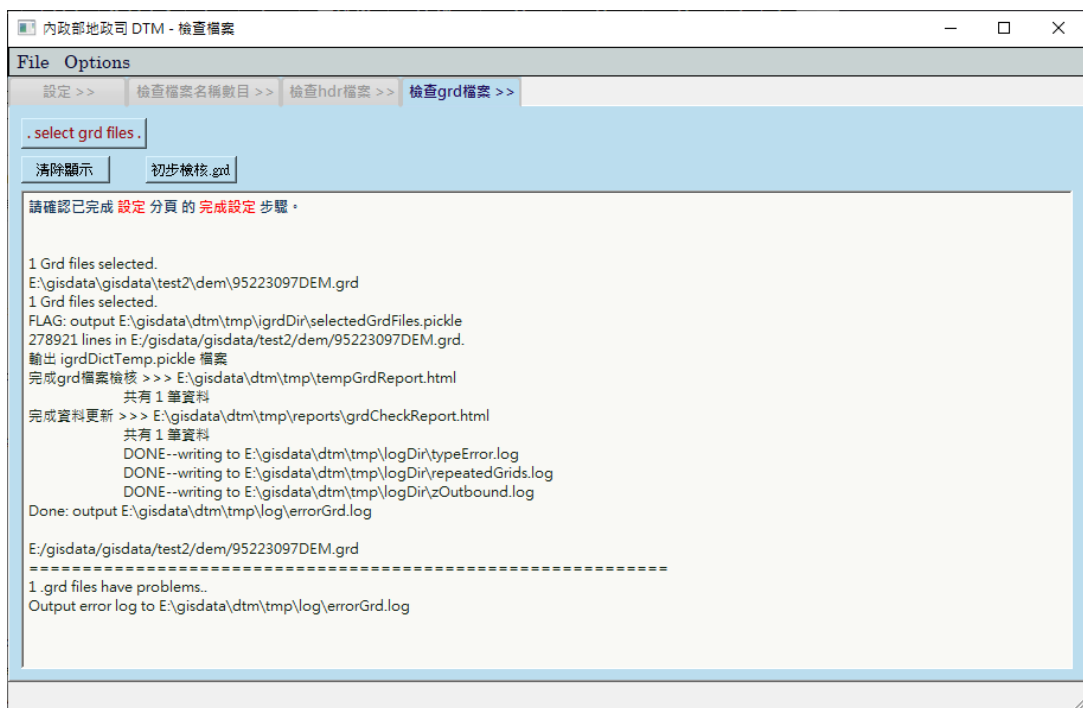


圖 2-36、GRD 檔檢核畫面

0.檔案名稱	1.總網格點數	2.有效網格點數	3.左下 X座標	4.左下 Y座標	5.右上 X座標	6.右上 Y座標	7.最大 Z 值	8.最小 Z 值	9.XYZ 座標格式錯誤	10.XYZ 座標 type 錯誤	11.X座標範圍錯誤	12.Y座標範圍錯誤	13.Z座標範圍錯誤	14. (X,Y) 重複點
95223097DEM.grd	278921	0	216490	2710240	217895	2710444	16.1	-2.14	X	0	0	0	0	X

有錯誤的 .grd 檔案，分析報告

圖 2-37、GRD 檔錯誤報告頁面

E:/DTMcheck/gisdata/gisdata/test2/dem/95223097DEM.grd分析結果

檢查項目：

- NEQ3_error: 每一行應該有 X、Y、Z 三個值，少於或多餘 3 個值就是ERROR。
- X_Type_error: X 不是 int 整數
- Y_Type_error: Y 不是 int 整數
- Z_Type_error: Z 不是 float.
- X_Bound_error: X 超出範圍
- Y_Bound_error: Y 超出範圍
- Z_Bound_error: Z 超出範圍

278921 lines in this file.
2 lines have errors.
2 grids have repeated error.

Line 12: NEQ3_error
Line 94: NEQ3_error

—Repeated Grids—

Line 38: (216600, 2710240, -1.38)
Line 39: (216600, 2710240, -1.38)
Line 40: (216600, 2710240, -1.0)
Line 82: (216600, 2710240, -1.0)

—Repeated Grids—

Line 62: (216622, 2710240, -0.94)
Line 63: (216622, 2710240, -0.9)

圖 2-38、GRD 檔案錯誤訊息頁面

(5) 檢核資料報告

整個專案的檢核報告資料將放置於圖 2-32 軟體畫面自訂的工作目錄中，以利使用者檢視相關檢核資料，如圖 2-39 資料夾畫面。

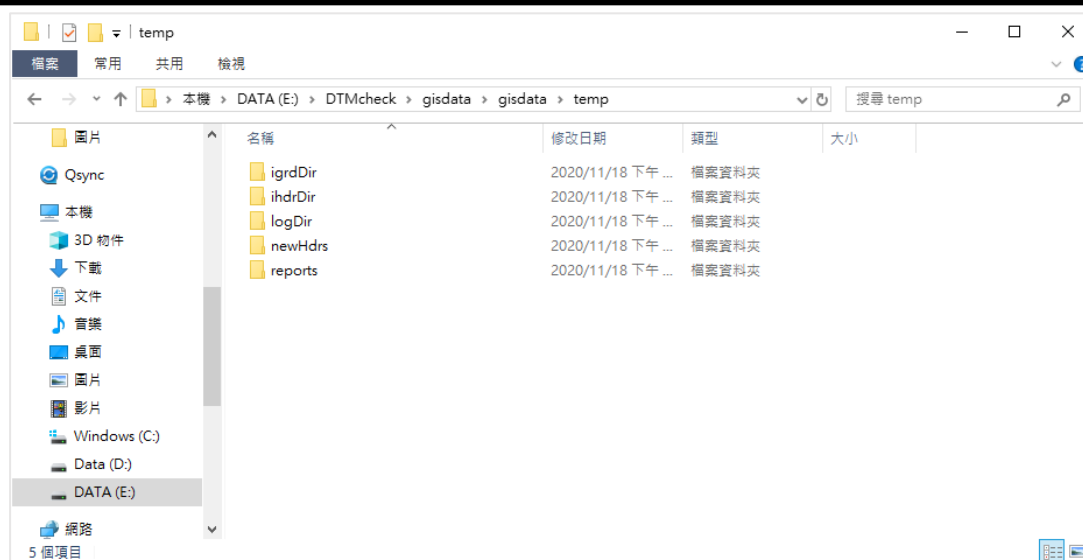


圖 2-39、檢核報告存放之自訂工作目錄頁面

(二) 建立 DTM 成果資料庫

DTM 成果資料庫是數值地形模型數據管理與圖資申請查找重要的工作項目，如何使機關能夠有效的管理 DTM 數據與提供正確的資料服務是提升資料服務品質重要步驟。因此，在資料清查流程的標準化過程後，產製正確的詮釋資料表，並將該資料以資料庫的形式儲存資料，必須有一個資料庫系統來描述各專案的圖幅資訊。

本案依據資料檢核後的分析結果與機關討論後續修正的原則，包含欄位建立與內容格式定義等，並以此原則作為 DTM 成果處理的程序，將產製的資料清單依機關的使用辦理情形，進行 DTM 成果資料供應機制的建立，結合資料檢核的流程來產製標準化的資料內容，並建置 DTM 成果資料庫用以儲存上述的成果，資料庫頁面如圖 2-40。

DTM成果管理資料庫 回首頁

專案列表

有效專案: [v] DEM: [v] 匯出 EXCEL

啟用	專案編號	專案名稱	圖幅數	檔案大小
y	20DTM086	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果檢核與監審作業_dem_ellip	536	169.52 GB
		108_dem_1m_geotiff	536	14.28 GB
		108_dem_1m_grd	536	84.14 GB
		108_dem_1m_hdr	536	116.83 KB
		108_dem_1m_las	536	71.09 GB
		108_dem_1m_rawhdr	536	116.83 KB
		108_dem_1m_csv	0	0 Bytes
y	20DTM085	宜蘭縣一千分之一地形圖測製系統建置第五期計畫建置案(宜蘭縣97年DTM成果相關資料)	131	27.04 MB
		97_dem_5m_grd	131	27.02 MB
		97_dem_5m_hdr	131	24.81 KB
y	20DTM083	LiDAR技術更新數值地形模型成果檢核與監審作業(105-106) DEM(重新取樣5公尺規格)	1331	9.44 GB
		105_dem_5m_geotiff	1331	1.44 GB
		105_dem_5m_grd	1331	8.00 GB
		105_dem_5m_hdr	1331	528.17 KB
y	20DTM081	LiDAR技術更新數值地形模型成果檢核與監審作業(105-106) DEM	1331	235.23 GB
		105_dem_1m_geotiff	1331	35.71 GB
		105_dem_1m_grd	1331	199.52 GB
		105_dem_1m_hdr	1331	277.49 KB
y	20DTM076	LiDAR技術更新數值地形模型成果檢核與監審作業(105-106) DEM(重新取樣5公尺規格)	1331	9.44 GB
		105_dem_5m_geotiff	1331	1.44 GB
		105_dem_5m_grd	1331	8.00 GB
y	20DTM074	LiDAR技術更新數值地形模型成果檢核與監審作業(105-106) DEM	1331	235.23 GB
		105_dem_1m_geotiff	1331	35.71 GB
		105_dem_1m_grd	1331	199.52 GB
y	20DTM072	莊雅拉克以區LiDAR高程衍度數值地形製作(重新取樣5米規格)_102-104_dem	1892	1.94 GB
		102_dem_5m_geotiff	1892	1.94 GB

圖 2-40、DTM 成果資料庫管理頁面

各個 DTM 成果專案之屬性資料顯示內容，依據機關提供之欄位進行規劃（如表 2-10），其中項次 8 至 31 為 HDR 檔欄位資料。依據此表整合資料庫顯示畫面如圖 2-41。

表 2-10、DTM 成果資料庫屬性彙整表欄位說明

項次	欄位	說明
1	資料權責機關	如各中央機關或各縣市政府單位
2	簡易計畫名稱	為便利以關鍵字搜尋專案名稱，而設計的計畫名稱之簡稱
3	計畫名稱	

項次	欄位	說明
4	DEM / DSM	供使用者辨別網格資料屬於DEM或DSM
5	Ortho / Ellip	供使用者辨別網格資料高程屬於正高或橢球高
6	檔名	匯入的檔頭資料之檔名，如94202083dem.hdr
7	檔頭資料數量	記錄每個HDR檔案裡有多少筆資料，按照現行檔頭資料格式應該有23筆
8	圖幅名稱	
9	圖幅號碼	
10	平面坐標基準	
11	高程坐標基準	
12	比例尺等級	如：1/1000、1/5000、1/25000...等；倘以LiDAR測製DTM時則填”NULL”。
13	比例尺(圖幅框大小)	代表此圖幅的圖幅框比例尺
14	東西向網格間距	
15	南北向網格間距	
16	總網格點數	
17	行數	
18	列數	
19	圖幅西南隅E坐標	
20	圖幅西南隅N坐標	
21	生產方式代碼	

項次	欄位	說明
22	生產設備名稱	
23	原始資料採集設備名稱	
24	飛行高度	
25	最高地面高度	
26	最低地面高度	
27	平均地面高度	
28	原始資料生產日期	
29	原始資料生產單位	
30	DEM(DSM)生成日期	
31	DEM(DSM)製作單位名稱	
32	檔頭資料進入彙整表後的修改說明	檔頭資料本身有問題、為了使屬性資料彙整表格式統一所做的調整說明等
33	測製精度說明	測製計畫之規範
34	路徑：測製案服務建議徵求書	於國網中心電腦中存放測製案規範的路徑
35	備註	提供後續資料供應或使用者反應之相關記事

20DTM086 / 108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果檢核與監審工作案_dem_ellip (xlsx)

資料權責機關：內政部地政司					簡易計畫名稱：108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果檢核與監審工作案_dem_ellip				
計畫名稱：108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果檢核與監審工作案_dem_ellip					網格資料：dem				
比例尺：5000					資料高程：ellip				
備註：xxx					測製精度說明：xxxx				

94211080	94211090	94211100	95201005	95201006	95201007	95201008	95201009	95201010	95201015
95201016	95201017	95201018	95201019	95201020	95201025	95201026	95201027	95201028	95201029
95201030	95211051	95211052	95211053	95211054	95211055	95211056	95211057	95211058	95211059
95211060	95211061	95211062	95211063	95211064	95211065	95211066	95211067	95211068	95211069
95211070	95211071	95211072	95211073	95211074	95211075	95211076	95211077	95211078	95211079
95211080	95211081	95211082	95211083	95211084	95211085	95211086	95211087	95211088	95211089
95211090	95211091	95211092	95211093	95211094	95211095	95211096	95211097	95211098	95211099
95211100	95212005	95212006	95212007	95212008	95212009	95212010	95212015	95212016	95212017
95212018	95212019	95212020	95212025	95212026	95212027	95212028	95212029	95212030	95212035
95212036	95212037	95212038	95212039	95212040	95212045	95212046	95212047	95212048	95212049
95212050	95212055	95212056	95212057	95212058	95212059	95212060	95212065	95212066	95212067
95212068	95212069	95212070	95212075	95212076	95212077	95212078	95212079	95212080	95212085
95212086	95212087	95212088	95212089	95212090	95212095	95212096	95212097	95212098	95212099
95212100	95214053	95214054	95214055	95214056	95214057	95214058	95214059	95214060	95214062
95214063	95214064	95214065	95214066	95214067	95214068	95214069	95214070	95214071	95214072
95214073	95214074	95214075	95214076	95214077	95214078	95214079	95214080	95214081	95214082
95214083	95214084	95214085	95214086	95214087	95214088	95214089	95214090	95214091	95214092
95214093	95214094	95214095	95214096	95214097	95214098	95214099	95214100	96201001	96201002
96201003	96201004	96201005	96201011	96201012	96201013	96201014	96201015	96204001	96204002
96204003	96204004	96204005	96204006	96204007	96204008	96204009	96204010	96204011	96204012
96204013	96204014	96204015	96204016	96204017	96204018	96204019	96204020	96204021	96204022
96204023	96211001	96211002	96211003	96211004	96211005	96211006	96211007	96211008	96211009
96211010	96211011	96211012	96211013	96211014	96211015	96211016	96211017	96211018	96211019

圖 2-41、DTM 成果專案頁面

(三) 產製 DTM 成果清冊報表

報表資訊的產製能方便機關第一時間提供正確的圖幅描述清單，並且能作為後續資料品質檢核的參考。本案依據機關管理之 DTM 資料供應方式與使用，產製成果清冊報表需要提供的內容：包含資料格式、提供項目等等，於資料庫端依據機關所提供的專案 DTM 成果進行資料檢索，並於個別專案成果頁面（如圖 2-41）建立成果清冊資料下載連結，以利機關進行管理，下載後的報表畫面如圖 2-42。

20DTM086 / 108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果檢核與監審工作案_dem_ellip (xlsx)

資料權責機關：內政部地政司

簡易計畫名稱：108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果檢核與監審工作案_dem_ellip

計畫名稱：108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果檢核與監審工作案_dem_ellip

網格資料：dem

資料高程：ellip

比例尺：5000

測製精度說明：xxxx

備註：xxx

簡易計畫名稱	計畫名稱	網格資料	資料高程	比例尺	圖幅名稱	圖幅編號	圖幅標準	平面基準	高程基準	生產機構名稱	比例尺	網格	東西向網格	南北向網格	網格點數	行	
1	簡易計畫名稱	計畫名稱	網格資料	資料高程	比例尺	圖幅名稱	圖幅編號	圖幅標準	平面基準	高程基準	生產機構名稱	比例尺	網格	東西向網格	南北向網格	網格點數	行
2	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	dem	5000	94210804m.bdr	台中港北防沙堤(一)	94211080	TWD97(2010)	TWD97(2010)	LiDAR-TerraScan	5000	f	f	f	f	5782282	257
3	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	dem	5000	94210904m.bdr	台中港港口	94211090	TWD97(2010)	TWD97(2010)	LiDAR-TerraScan	5000	f	f	f	f	7188516	257
4	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	dem	5000	94211104m.bdr	台中港特種碼頭	94211100	TWD97(2010)	TWD97(2010)	LiDAR-TerraScan	5000	f	f	f	f	7188516	257
5	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	dem	5000	95201005m.bdr	北山坑	95201005	TWD97(2010)	TWD97(2010)	LiDAR-TerraScan	5000	f	f	f	f	7161706	256
6	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	dem	5000	95201006m.bdr	茅埔	95201006	TWD97(2010)	TWD97(2010)	LiDAR-TerraScan	5000	f	f	f	f	7161706	256
7	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	dem	5000	95201007m.bdr	水尾	95201007	TWD97(2010)	TWD97(2010)	LiDAR-TerraScan	5000	f	f	f	f	7161706	256
8	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	dem	5000	95201008m.bdr	烏牛欄	95201008	TWD97(2010)	TWD97(2010)	LiDAR-TerraScan	5000	f	f	f	f	7147751	256
9	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	dem	5000	95201009m.bdr	牛眠	95201009	TWD97(2010)	TWD97(2010)	LiDAR-TerraScan	5000	f	f	f	f	7161706	256
10	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	dem	5000	95201010m.bdr	橋崙	95201010	TWD97(2010)	TWD97(2010)	LiDAR-TerraScan	5000	f	f	f	f	7161706	256
11	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	dem	5000	95201015m.bdr	南港	95201015	TWD97(2010)	TWD97(2010)	LiDAR-TerraScan	5000	f	f	f	f	7161706	256
12	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	dem	5000	95201016m.bdr	上種瓜坑	95201016	TWD97(2010)	TWD97(2010)	LiDAR-TerraScan	5000	f	f	f	f	7175661	257
13	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	dem	5000	95201017m.bdr	乾溝仔	95201017	TWD97(2010)	TWD97(2010)	LiDAR-TerraScan	5000	f	f	f	f	7175661	257
14	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	dem	5000	95201018m.bdr	牛欄橋	95201018	TWD97(2010)	TWD97(2010)	LiDAR-TerraScan	5000	f	f	f	f	7161706	256
15	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	dem	5000	95201019m.bdr	埔里	95201019	TWD97(2010)	TWD97(2010)	LiDAR-TerraScan	5000	f	f	f	f	7161706	256
16	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	dem	5000	95201020m.bdr	轉輪潭	95201020	TWD97(2010)	TWD97(2010)	LiDAR-TerraScan	5000	f	f	f	f	7161706	256
17	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	dem	5000	95201025m.bdr	埔里	95201025	TWD97(2010)	TWD97(2010)	LiDAR-TerraScan	5000	f	f	f	f	7145238	256
18	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	dem	5000	95201026m.bdr	三角埔	95201026	TWD97(2010)	TWD97(2010)	LiDAR-TerraScan	5000	f	f	f	f	7161706	256
19	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	dem	5000	95201027m.bdr	挑米坑	95201027	TWD97(2010)	TWD97(2010)	LiDAR-TerraScan	5000	f	f	f	f	7161706	256
20	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	dem	5000	95201028m.bdr	珠子山	95201028	TWD97(2010)	TWD97(2010)	LiDAR-TerraScan	5000	f	f	f	f	7161706	256
21	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	dem	5000	95201029m.bdr	十一份	95201029	TWD97(2010)	TWD97(2010)	LiDAR-TerraScan	5000	f	f	f	f	7148876	256
22	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	dem	5000	95201030m.bdr	內塔林	95201030	TWD97(2010)	TWD97(2010)	LiDAR-TerraScan	5000	f	f	f	f	7148876	256
23	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	dem	5000	95210514m.bdr	外莊	95210514	TWD97(2010)	TWD97(2010)	LiDAR-TerraScan	5000	f	f	f	f	7147751	256
24	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	dem	5000	95210524m.bdr	小坑排	95210524	TWD97(2010)	TWD97(2010)	LiDAR-TerraScan	5000	f	f	f	f	7147751	256
25	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	dem	5000	95210534m.bdr	雙坑	95210534	TWD97(2010)	TWD97(2010)	LiDAR-TerraScan	5000	f	f	f	f	7160536	256
26	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	dem	5000	95210544m.bdr	水溝東	95210544	TWD97(2010)	TWD97(2010)	LiDAR-TerraScan	5000	f	f	f	f	7147751	256
27	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	dem	5000	95210554m.bdr	菓山	95210554	TWD97(2010)	TWD97(2010)	LiDAR-TerraScan	5000	f	f	f	f	7147751	256
28	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	dem	5000	95210564m.bdr	坑底寮	95210564	TWD97(2010)	TWD97(2010)	LiDAR-TerraScan	5000	f	f	f	f	7147751	256
29	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	dem	5000	95210574m.bdr	中興(三)	95210574	TWD97(2010)	TWD97(2010)	LiDAR-TerraScan	5000	f	f	f	f	7147751	256
30	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	dem	5000	95210584m.bdr	中興(二)	95210584	TWD97(2010)	TWD97(2010)	LiDAR-TerraScan	5000	f	f	f	f	7147751	256
31	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	dem	5000	95210594m.bdr	天崗(二)	95210594	TWD97(2010)	TWD97(2010)	LiDAR-TerraScan	5000	f	f	f	f	7133796	255
32	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	dem	5000	95210604m.bdr	天崗(一)	95210604	TWD97(2010)	TWD97(2010)	LiDAR-TerraScan	5000	f	f	f	f	7133796	255
33	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	dem	5000	95210614m.bdr	土山下	95210614	TWD97(2010)	TWD97(2010)	LiDAR-TerraScan	5000	f	f	f	f	7161706	256
34	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	dem	5000	95210624m.bdr	觀音閣	95210624	TWD97(2010)	TWD97(2010)	LiDAR-TerraScan	5000	f	f	f	f	7160536	256
35	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	dem	5000	95210634m.bdr	雷田	95210634	TWD97(2010)	TWD97(2010)	LiDAR-TerraScan	5000	f	f	f	f	7160536	256
36	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	dem	5000	95210644m.bdr	雙連	95210644	TWD97(2010)	TWD97(2010)	LiDAR-TerraScan	5000	f	f	f	f	7147751	256
37	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	dem	5000	95210654m.bdr	坪林	95210654	TWD97(2010)	TWD97(2010)	LiDAR-TerraScan	5000	f	f	f	f	7160536	256
38	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	dem	5000	95210664m.bdr	大坑	95210664	TWD97(2010)	TWD97(2010)	LiDAR-TerraScan	5000	f	f	f	f	7147751	256
39	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	dem	5000	95210674m.bdr	達觀(四)	95210674	TWD97(2010)	TWD97(2010)	LiDAR-TerraScan	5000	f	f	f	f	7133796	255
40	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	dem	5000	95210684m.bdr	達觀(一)	95210684	TWD97(2010)	TWD97(2010)	LiDAR-TerraScan	5000	f	f	f	f	7147751	256
41	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	108年度LiDAR技術更新數值地形模型成果	dem	5000	95210694m.bdr	月山(四)	95210694	TWD97(2010)	TWD97(2010)	LiDAR-TerraScan	5000	f	f	f	f	7133796	255

圖 2-42、DTM 成果清冊報表畫面

參、技術服務

一、圖資隱碼技術研究及精進

針對高精度圖資資料，需搭配有效的版權宣告保護，以防止授權出去的圖資遭到濫用及盜用，尤其是高精度圖資檔案屬於管制使用資料，所以授權使用時，能在資料遭到非授權使用時，追蹤出資料來源及授權者的目的。

內政部已於 108 年度之專案由國網中心及軒崧科技有限公司合作，進行 DTM 資料的 GRD 格式、GeoTiff 格式以及點雲資料的 LAS 格式之隱碼技術研究與試作，以版權資訊嵌入和版權資訊識別/驗證的方式，將版權資訊經過 ERT 加密轉映技術(Encryption-Remapping Technology, ERT)對版權資訊採取全方位的保護，再將密文形式的版權資訊嵌入圖資檔中。每一個圖資檔案會嵌入簡要授權碼、完整版權資訊和識別 ID。本年度持續與原團隊合作，針對已試作的隱碼技術做精進以及抗破壞修正，另新增 HyDEM 圖資及高精地圖向量圖資進行隱碼技術研究試作。

HyDEM 圖資包含 DEM 網格資料(GeoTiff、GRD)與向量資料(shapefile, SHP)組成，而目前由高精地圖研究發展中心產製之高精地圖向量圖資檔案，主要也是使用 Shapefile (SHP) 格式。其中 108 年度專案已開發 DEM 圖資 (GeoTiff) 檔案隱碼技術，因此本案將針對**向量圖資 (SHP)** 部分進行隱碼開發。

(一) 精進 DTM 及點雲資料隱碼技術與問題修正

1. DTM 資料 (網格資料)

為了達到降低高程誤差、抗捨位、抗旋轉破壞三種需求，嵌入技術精進調整內容如下：

- (1) 為達到在圖資檔案經旋轉破壞時，仍然能夠快速辨識出原來嵌入版權資料的圖點及正確的圖點排列，採用高程值差和距離作為圖點的特徵值；選定嵌入版權資訊的圖點和方向的策略為先尋找最高值圖點為角落點，再尋找第二高點方向，決定 DCT 轉換矩陣上緣邊界，依此選定 DCT 轉換矩陣圖點。



圖 3-1、圖點選擇示意圖

如圖 3-1 所示，圖中紅色點是特徵值最高的圖點，藍色點是特徵值第二高的圖點，經由這兩點將矩陣方塊內的圖點做 0 度、90 度、180 度或 270 度的旋轉，以滿足藍色點位於相對紅色點的第四象限區間內的條件。利用這個特性，可以快速克服圖幅作 90 度倍數旋轉的破壞。

- (2) 針對 8 x 8 圖點矩陣資料，採用 DCT（離散餘弦變換）轉換，將版權資料嵌入在係數，增加嵌入版權資訊的編排序號，並加入位元稽核（parity check）的資訊，用以在圖資經旋轉後，能快速的取回所有分割嵌入的版權資訊，並組合成完整版權資訊。
- (3) 在捨位和旋轉破壞時，往往會對資料造成不可回復的破壞，進而導致嵌入版權資訊遭受破壞的影響。針對這個問題，加入容錯機制實驗測試，並測試出具有良好效果的作法：
 - 可增加嵌入版權資訊變化量：原本針對 1cm 的變化量嵌入資料，可增加為針對 16cm 的變化量嵌入資料，並且符合高程精度標準（高程精度標準係以基本精度 0.25 公尺加上地形類別及地表植被覆蓋情形之精度調整參數而得，計算公式如附錄四）。嵌入時須將高程值轉為 2 進位表示，再依嵌入量的 2 進位位數的值來代表嵌入資訊是 0 或 1，最後的高程數值和原數值的差值就是資訊變化量。
 - 由多個版權資訊嵌入圖點中，以較高機率的數值，作為版權資訊數值：將圖點分為多個群組，各個群組嵌入多組版權資訊，針對有限度圖點資料的破壞，由大多數未受破壞的圖點資訊中取得完整版權資訊，實驗顯示可達到不錯的效果。
- (4) 在容錯機制影響下，可能會加深嵌入資訊時變更圖資數值的誤差。針對這個問題，採取加入自適應性調整機制，以減少圖資資料的誤差。自適應性調整機制的原理為依據圖點的高程變化

度，調整圖點嵌入資料時，高程數值的變更量，而不是採固定變更量。實做方式是針對 8x8 圖點矩陣資料，先行計算矩陣圖點的高程平均變化量，再依據高程平均變化量，調整變更數值的大小，以此來降低高程誤差。

2. 點雲資料

目前的點雲資料均屬於地理坐標資訊的資料，而旋轉與變形破壞將造成地理坐標資訊無法使用，因此僅考慮抗切割破壞。為達此需求，本案採用增加隱碼嵌入區塊數量以及增大區塊分布範圍，並配合調整 DTM 圖資的隱碼技術（增加編排序號、位元稽核、容錯機制、自適應性調整機制），盡可能的增加取出版權資訊的機率，並減低誤差。抗切割破壞嵌入技術精進成果如下：

- (1) 針對嵌入版權的資料區塊，增加嵌入版權資訊的編排序號，並加入位元稽核（parity check）的資訊，用以在圖資經切割後，能快速的取回所有分割嵌入的版權資訊，並組合成完整版權資訊。
- (2) 針對不同特性的點雲資料（如點密度），調整版權嵌入圖點選取及過濾的條件，以達到版權嵌入方式適用於各種特性圖檔的目的。
- (3) 108 年度已完成的點雲圖資之 LAS 格式隱碼技術試作，是以高精地圖點雲資料（車載光達點雲）為主，今年度增加空載光達點雲圖資的 LAS 格式調整隱碼技術精進與調整。因應圖資檔案測量方式不同，所呈現的圖幅資料密度不同之特性（如表 3-1），相對調整選擇圖點區間的大小，找到適合的版權資料嵌入區間以正確嵌入版權資料。

表 3-1、點雲圖資圖點密度與區塊比較表

測製載具	點雲密度 (點數/公尺 ²)	區塊尺寸 (0.01 公分 ²)	至少嵌入 點數資料量
車載	~10000	40x40	22
空載	~10	1200x1200	22

3. 圖資隱碼抗破壞精進共通技術說明

(1) 版權資訊嵌入資料格式

針對嵌入版權的資料區塊，增加嵌入版權資訊的編排序號，並

加入位元稽核(parity check)的資訊，用以在圖資經旋轉後，能快速取回所有分割嵌入的版權資訊，並組成完整版權資訊。版權資訊嵌入資料格式設計如下：

- 嵌入版權資訊長度 64 bytes(512 bits)，切割為 32 個資料區塊，每個區塊資料長度為 16 bits。
- 每個圖點矩陣嵌入資料量變更為 22 bits，包含版權資訊 16 bits，資料區塊編號 5 bits 和驗證碼 1bit。

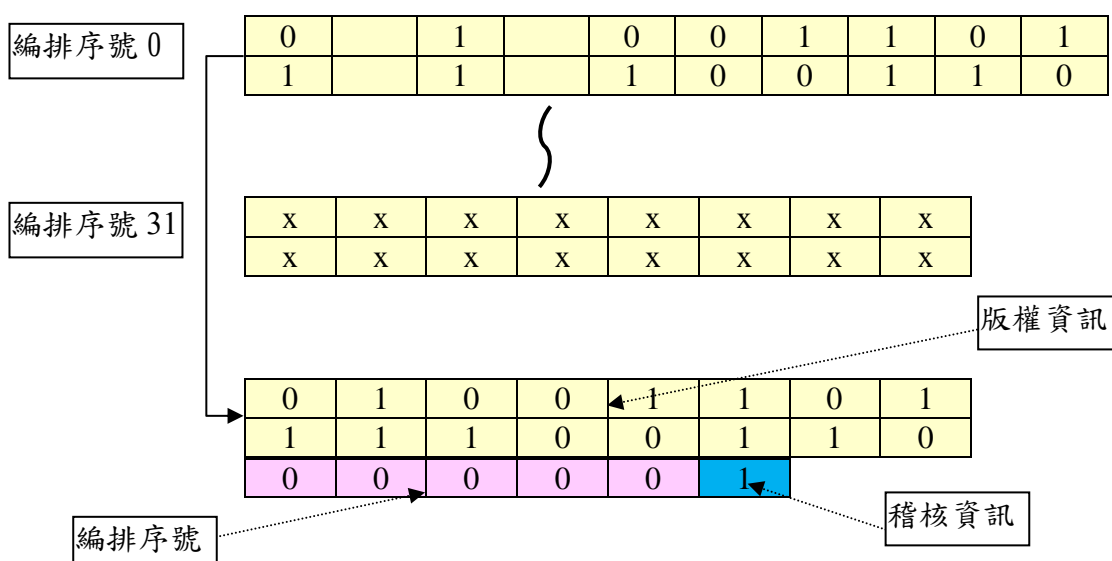


圖 3-2、版權資訊切割區塊示意圖

版權資訊嵌入運作與抗破壞處理說明如下：

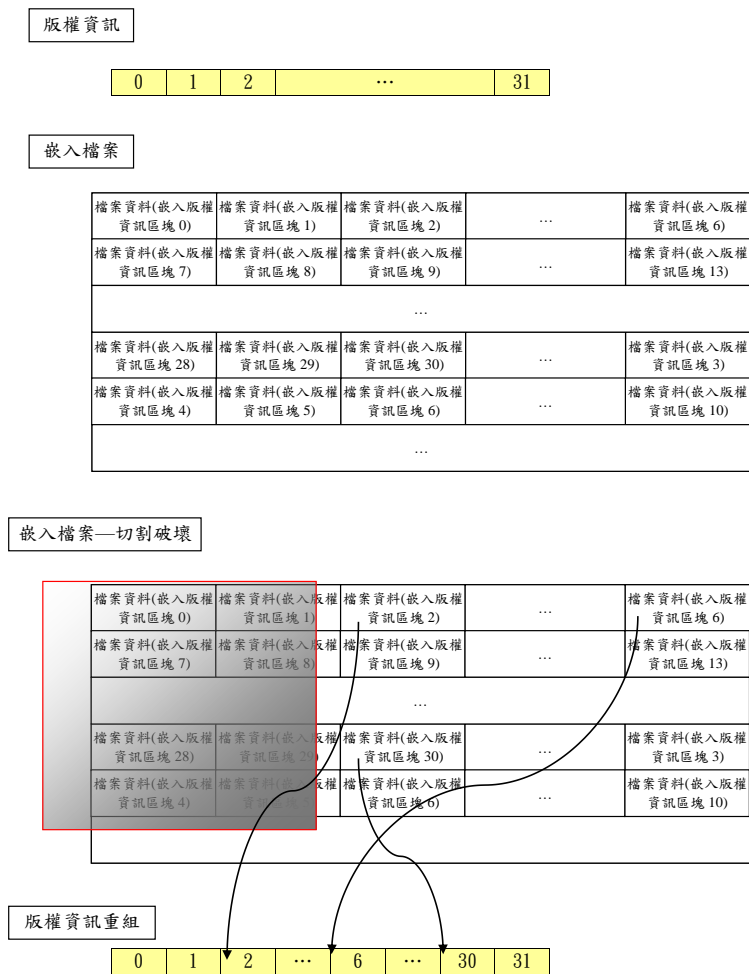


圖 3-3、版權資訊切割及重組示意

如圖 3-3 所示，完整版權資訊切割為 32 個資訊區塊，並將每個區塊的資訊內容嵌入到圖資檔案。當嵌入版權的圖資檔案受到切割破壞時，由圖資檔案取得的版權區塊資訊是不連續的，在每個版權資訊區塊加入區塊編號，並在取出版權區塊資訊時依據編號重新組合得完整版權資訊。如果沒有區塊編號作為版權資訊組合的依據，就必須嘗試可能的版權區塊重新組合，最高的可能組合數高達 1035。加入區塊編號不僅對於切割破壞有快速組合完整版權資訊的幫助，對於其他如旋轉、捨位...等各種破壞圖資檔案的版權資訊還原都有同樣的效果。

(2) 容錯機制設計

在捨位和旋轉破壞時，往往會對資料造成不可回復的破壞，進而導致嵌入版權資訊遭受破壞的影響。針對這個問題，採取加入容錯機制。容錯機制主要為因應圖點資料受到破壞時，仍然

能夠由破壞的圖點資訊萃取出版權資訊的抗破壞機制。容錯機制設計由以下三個方向研究其可行性：

- 增加嵌入版權資訊變化量：參考[Robust Hash Functions for Digital Watermarking, Jiri Fridrich and Miroslav Goljan]，增加版權資訊變化量可以克服圖點資料受到破壞時，無法取得版權資訊的問題。例如，將原本針對 1 cm 的變化量嵌入資料，增加為針對 16 cm 的變化量嵌入資料。但是當圖點資訊受到破壞的程度很嚴重時，仍然無法萃取得版權資訊。
- 由多個版權資訊嵌入圖點中，以較高機率的數值，作為版權資訊數值；參考[Fingerprint Recognition System : Design & Analysis, Dibyendu Nath, Saurav Ray, and Sumit Kumar Ghosh]，針對有限度圖點資料的破壞，仍然可以由大多數未受破壞的圖點資訊中取得完整版權資訊。
- 版權資訊嵌入處理程序中，在 DCT(離散餘弦變換)轉換後，將版權資訊嵌入在較低頻係數，以克服高頻誤差產生的版權資訊錯誤。

4. DTM 及點雲資料隱碼技術降低高程誤差控制

今年度以 QUALITY FACTOR 調整 DCT 係數的計算，大幅降低高程之誤差數值，並且提升峰值信噪比（峰值信噪比說明見本報告第 126 頁），108 年度與 109 年度數值比較表如表 3-2、3-3。

表 3-2、GRD 檔案隱碼誤差值比較

項目		108 年度	109 年度
高度差值	Max. altitude	556.00 m	556.00 m
	Max. altitude error	0.42 m	0.22 m
	Average altitude error	0.036 m	0.021 m
峰值信噪比	PSNR	80.85 db	85.73 db
斜率差值	Max. ANS error	0.041 rad	0.021 rad
	Average ANS error	0.004 rad	0.002 rad

表 3-3、Las 檔案隱碼誤差值比較

項目		108 年度	109 年度
高度差值	Max. altitude	179.16 m	179.16 m
	Max. altitude error	9.58 m	0.008 m
	Average altitude error	0.02 m	0.0007 m
峰值信噪比	PSNR	59.44 db	109.26 db

(二) 向量圖資格式及隱碼技術文獻蒐集與分析

1. 向量圖資檔案格式特性研究

HyDEM (Hydraulic Digital Elevation Model) 包含 DEM 網格資料 (GeoTiff、GRD) 與向量圖資 (SHP) 組成，和一般 DEM 圖資不同在於 HyDEM 圖資必須保留可能阻礙水流的建物，反應水流和建物的關係，保有 DEM 濾除植被和地表雜物特性外，呈現街道間水流通性和水道的通暢性。

高精地圖(High Definition Maps, HD Maps)，可提供自駕車定位所需資訊，讓自駕車可以進行導航並做出行駛決策。高精地圖擁有公分等級的極高精度，且含有豐富的道路數據資訊。目前臺灣高精地圖的向量圖資主要也是使用 Shapefile (SHP) 格式。

SHP 檔案即為 ESRI Shapefile 檔案，其中至少包含三種檔案：主要文件 (.shp)、索引文件 (.shx) 和 dBASE 表格 (.dbf)。主要文件儲存每一個幾何體的頂點實體坐標，索引文件記錄每一個幾何體在 SHP 檔案之中的位置，dBASE 表格則包含每個幾何體的屬性資料，SHP 檔案的詳細檔案格式可以參考[29, 30]。

索引文件(.shx)包含 100 個位元組的檔頭，檔頭包含 17 個欄位，如表 3-4 所示。

表 3-4、索引文件(.shx)檔頭欄位

位元組	類型	用途
0-3	int32(Big-Endian)	檔案編號 (0x0000270a)
4-23	int32(Big-Endian)	五個沒有被使用的 32 位元整數
24-27	int32(Big-Endian)	檔案長度，包括檔案頭。(用 16 位元整數表示)
28-31	int32(Little-Endian)	版本
32-35	int32(Little-Endian)	圖形類型 (參見下面)
36-67	double(Little-Endian)	最小外接矩形 (MBR)，也就是一個包含 shapefile 之中所有圖形的矩形。以四個浮點數表示，分別是 X 坐標最小值，Y 坐標最小值，X 坐標最大值，Y 坐標最大值。
68-83	double(Little-Endian)	Z 坐標值的範圍。以兩個浮點數表示，分別是

		Z坐標的最小值與Z坐標的最大值。
84-99	double(Little-Endian)	M坐標值的範圍。以兩個浮點數表示，分別是M坐標的最小值與M坐標的最大值。

檔頭後接著是 8 位元組固定長度的記錄，每個記錄都有兩個欄位(如表 3-5)。

表 3-5、索引文件(.shx)記錄欄位

位元組	類型	用途
0-3	int32(Big-Endian)	記錄位移 (用 16 位元整數表示)
4-7	int32(Big-Endian)	記錄長度 (用 16 位元整數表示)

依據記錄的記錄位移與記錄長度，程式就可以很快地從主要文件(.shp)中找到任意一個幾何物體的正確位置和長度。

主要文件(.shp)包含 100 個位元組的檔頭(和.shx 檔頭相同)，檔頭後接著是八個 8 位元組 (雙精度浮點數) 有符號浮點數欄位。然後接著是不定數目的變長度資料記錄，每個資料記錄開始是一個 8 位元組記錄頭 (如表 3-6)，接著是實際的記錄 (如表 3-7)。

表 3-6、主要文件(.shp)記錄頭

位元組	類型	用途
0-3	int32(Big-Endian)	記錄編號 (從 1 開始)
4-7	int32(Big-Endian)	記錄長度 (用 16 位元整數表示)

表 3-7、主要文件(.shp)實際記錄

位元組	類型	用途
0-3	int32(Little-Endian)	圖形類型 (參見下面)
4-7	---	圖形內容

變長度記錄的內容由圖形的類型決定。Shapefile 支援圖形類型如表 3-8。

表 3-8、Shapefile 支援圖形類型表

值	圖形類型	欄位
0	空圖形	無
1	Point (點)	X, Y
3	Polyline (折線)	(最小包圍矩形) MBR, 組成部分數目, 點的數目, 所有組成部分, 所有點

5	Polygon (多邊形)	(最小包圍矩形) MBR, 組成部分數目, 點的數目, 所有組成部分, 所有點
8	MultiPoint (多點)	(最小包圍矩形) MBR, 點的數目, 所有點
11	PointZ (帶 Z 與 M 坐標的點)	X, Y, Z, M
13	PolylineZ (帶 Z 或 M 坐標的折線)	(最小包圍矩形) MBR, 組成部分數目, 點的數目, 所有組成部分, 所有點, Z 坐標範圍, Z 坐標陣列, M 坐標範圍, M 坐標陣列
15	PolygonZ (帶 Z 或 M 坐標的多邊形)	(最小包圍矩形) MBR, 組成部分數目, 點的數目, 所有組成部分, 所有點, Z 坐標範圍, Z 坐標陣列, M 坐標範圍, M 坐標陣列
18	MultiPointZ (帶 Z 或 M 坐標的多點)	(最小包圍矩形) MBR, 點的數目, 所有點, Z 坐標範圍, Z 坐標陣列, M 坐標範圍, M 坐標陣列
21	PointM (帶 M 坐標的點)	X, Y, M
23	PolylineM (帶 M 坐標的折線)	(最小包圍矩形) MBR, 組成部分數目, 點的數目, 所有組成部分, 所有點, M 坐標範圍, M 坐標陣列
25	PolygonM (帶 M 坐標的多邊形)	(最小包圍矩形) MBR, 組成部分數目, 點的數目, 所有組成部分, 所有點, M 坐標範圍, M 坐標陣列
28	MultiPointM (帶 M 坐標的多點)	(最小包圍矩形) MBR, 點的數目, 所有點, M 坐標範圍, M 坐標陣列
31	MultiPatch	(最小包圍矩形) MBR, 組成部分數目, 點的數目, 所有組成部分, 所有點, Z 坐標範圍, Z 坐標陣列, M 坐標範圍, M 坐標陣列

在普通的使用中，Shapefile 通常包含點、折線與多邊形。帶有 Z 坐標的形狀是三維的。帶有 M 坐標的形狀是包含一個用戶指定的測量值，該測量值定義在每一個點坐標之上。

2. 向量圖資隱碼技術文獻蒐集與分析

GIS 向量資料由三種基本幾何形狀組成：點、折線和多邊形。向量檔案嵌入版權資訊的主要挑戰在於選擇嵌入的位置和嵌入的方法，必須在為數不多的可變頂點中，嵌入版權資訊，並同時達到可接受

的圖資品質降低以及抗破壞的強健性。以下針對目前主流的向量圖資隱碼技術作一概略性的優缺點比較、特色說明、文獻介紹。最後會將本計畫案所採用的方法以及背後的考量做一說明。

向量資料隱碼技術可分為空間域和轉換域兩大類。空間域主要是將資料直接嵌入至頂點坐標數值中，轉換域則是將資料嵌入在轉換後的轉換域係數中。空間域方法主要的優點包括概念與實作簡單、計算複雜度低以及資訊嵌入量大。空間域方法的主要缺點是抗破壞性（強健性）較差，因此必須在嵌入方法上再增強其抗破壞性。另一方面，轉換域方法的優點是對於旋轉、平移和縮放等幾何破壞具有較強的抗破壞性。轉換域方法的缺點則是概念複雜、實作難度高、計算量大且複雜度高、資訊嵌入量小[19]。

空間域嵌入資訊的方式可再細分成拓撲關係、笛卡爾坐標、區塊、極坐標四種。拓撲關係嵌入方法是將版權資訊嵌入幾何拓撲之中（例如頂點之間的距離），而不是頂點的坐標值。這種方法可以達到較好的抗旋轉攻擊和平移攻擊[37]。平均數或平均距離長度是拓撲關係常用的嵌入空間計算方式。Huo[20]針對折線和多邊形，計算平均長度/周長，並分為不同群組，再將資訊嵌入在變更的數值中，以達到較好的抗破壞性。

笛卡爾坐標嵌入方法是將版權資訊直接嵌入頂點的坐標值，一般的做法都是將版權資訊嵌入在小數點後的指定位數。Fei[23]採用可逆還原架構，利用 RCM (Reversible Contrast Mapping) 將資訊嵌入至頂點坐標值中。

基於區塊的嵌入方法是將向量圖幅細分為多個區塊，接著將版權資訊嵌入至區塊頂點中，這有助於實現針對雜訊和簡化攻擊更好的抗破壞性[26]。Li[21]利用圖形的微觀/縮影特性，計算並記錄其雜湊值，爾後比對圖形時，再次比對其雜湊值是否相同，以確認版權。

極坐標嵌入方法是將頂點的笛卡爾坐標轉換為極坐標，並將版權資訊嵌入至頂點的極坐標之中。這種方法一般可以達到抗平移、旋轉和縮放破壞的強健性。Kim[22]即使用此類做法，其計算頂點的角度，並將資訊嵌入至角度數值中，然後再將角度轉換回坐標值。

轉換域用來嵌入資訊的方式，是將資料嵌入至轉換域的係數之中。常用的轉換方法包括小波轉換、餘弦轉換和傅立葉轉換。Li[25]利用向量圖幅嵌入頂點位置和非等長度字串相似性計算方法，來增加向量圖檔版權的偵測率。Yue[26]利用小波轉換和斜轉換（Slant Transformation）將版權資訊嵌入 2D 向量圖形。

餘弦轉換是一種數位頻率變換，它將向量圖幅細分成不同頻率的分量。傅立葉轉換則是餘弦轉換的進階版，其提供了進一步控制向量圖幅頻率分量的可能性，這有助於選擇適當的位置將資料嵌入，達到較好的隱匿性和抗破壞性。Nikolaidis[24]利用傅立葉轉換將圖幅頂點坐標轉換為長度及旋轉角度數值，再將資訊嵌入在長度數值，以達到較佳的抗破壞性。Lucchese[27]利用傅立葉轉換將圖幅頂點坐標轉換為長度及旋轉角度數值，並利用相加性或相乘性方式嵌入版權資訊，並探討其可容許的最大破壞程度。

嵌入程序可以使用三種不同的方法：有效位、差異擴展（Difference Expansion）和量化調製（Quantization Modulation）。有效位方法是指在頂點坐標值內選擇適當的位數插入資訊。其中 LSB（Least Significant Bit）方式是指選擇的位數是小數點後的位數，這種方式容易受到幾何變形而遺失嵌入資訊。另一種 MSB（Most Significant Bit）方式則是指選擇的位數是小數點前的位數，但這種方法的缺點是嵌入後的數值誤差較大。

差異擴展方法是將資訊插入任何類型的高相關數據中。向量圖資由一系列頂點坐標組成。若頂點的密度大，則兩個相鄰頂點的位置通常非常接近，它們的坐標差異很小。因此，頂點坐標序列可以被認為是高相關數據。由於較高的相關性意味著較低的失真和較高的容量，因此將兩個相鄰頂點之間的差異做為嵌入空間。

量化調製方法是一種非線性的方法，用於隱藏資訊和縮放某些地圖對像以導出資訊數據。這種嵌入方法在平衡資訊隱匿性，抗破壞性和可嵌入容量之間提供了良好的性能。

數位版權嵌入強調的是不可偵測性、抗破壞性和可公信版權識別，但實施過程其實會有多項目標的衝突與取捨。例如可公信版權識別

需要足夠的數據以證明其產生是唯一而非偶發，但有一些比例的向量圖幅可嵌入資訊的數量並不多。為達到不可偵測性，一般都要求改變的數值盡量變小，但是一般的圖幅破壞或數位數值運算，都會造成較小位數數值的破壞，進而造成嵌入資訊的遺失。因此，如何在綜合因素考量下，達到最佳的方式執行版權資訊嵌入，也是本案之目標。

向量資料中每個圖點間間隔是不相等，所以頻率域轉換技術無法普遍使用在這種格式資料。所以我們主要採用空間域嵌入技術，其中利用圖點(或物件)間的拓樸關係可以非常有效的對抗旋轉，切割等破壞，所以我們會利用圖點間距離和角度的數值來嵌入資料。另考慮到很多向量圖資檔案包含的圖點數目不多，所以我們也會將資訊嵌入在高程值，以增加完整版權嵌入的成功率。

高程值的嵌入方式因物件特性而不同，對折線和多邊形物件，其相鄰圖點的高程值，基本上比較可能有相關性，所以我們採用一維 DCT 轉換方式，將資訊嵌入在 DCT 轉換係數。對點物件，我們則將資訊嵌入在高程值的設定嵌入位元。

一般 LSB 嵌入資訊的方式，會有多種缺點，如容易被偵測出來(經由取出圖像的嵌入位元可以分析出其亂數特性)，容易經由捨去最位元，將嵌入資訊去除等。在本案執行的高程值有效位元嵌入資訊方式，採用嵌入圖點過濾及選擇的方式來嵌入，而且嵌入的有效位元可以是不固定，所以不會有像一般 LSB 的問題。

(三) 向量圖資隱碼技術開發

1. 版權資訊嵌入資料格式

針對嵌入版權的資料區塊，增加嵌入版權資訊的編排序號，並加入位元稽核(parity check)的資訊，用以在圖資經旋轉後，能快速的取回所有分割嵌入的版權資訊，並組合成完整版權資訊。

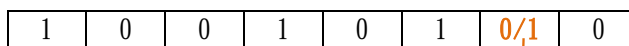
2. 向量檔案隱碼技術說明

針對向量圖資圖幅，版權資料嵌入方式依照圖資物件特性(點、折線、多邊形物件)可採用以下方式：

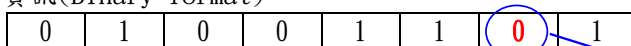
(1) 高程(Z)值 SB 嵌入

將版權資料嵌入在主要文件(.shp)的高程(Z)值，主要以 SB(significant bit)嵌入方式將資料嵌入在數值的指定位值。

圖資檔案數值(Binary format)：



版權資訊(Binary format)：



圖資檔案數值(Binary format)：



圖 3-4、Significant Bit 資訊嵌入示意圖

嵌入版權資訊時，將資訊依序置入圖資檔案數值的最低階位元；取出版權資訊時，則逆向操作，由圖資檔案數值的最低階位元取出版權資訊。

除了將版權資訊嵌入在主要文件(.shp)外，也會在 dBASE 表格(.dbf)檔案加入一個明文版權宣告的 Record。如圖 3-5 可見若以分析常用之 QGIS 軟體開啟已加入明文版權宣告之 DBF 檔案，無法看到是否隱藏版權宣告。另外如圖 3-6，若以 DBF 檔案檢視軟體開啟可驗證有加入明文版權宣告的 Record。

Id	TerrainID	Name	MDate	Source	QualLevel	layer
1	0 95117	渠道溢堤	107年度	空載光達		95117
2	0 95117	渠道溢堤	107年度	空載光達		95117
3	0 95117	渠道溢堤	107年度	空載光達		95117
4	0 95117	渠道溢堤	107年度	空載光達		95117
5	0 95117	渠道溢堤	107年度	空載光達		95117
6	0 95117	渠道溢堤	107年度	空載光達		95117
7	0 95117	渠道溢堤	107年度	空載光達		95117
8	0 95117	渠道溢堤	107年度	空載光達		95117
9	0 95117	渠道溢堤	107年度	空載光達		95117
10	0 95117	渠道溢堤	107年度	空載光達		95117

圖 3-5、以 QGIS 軟體開啟已加入明文版權宣告之 DBF 檔

9.0	Id	ab	TerrainID	ab	Name	ab	MDate	ab	Source	ab	QualLevel	ab	layer
✓	0		95117	臧	107橋游漲	臧	107橋游漲	臧	臧算?? ?				95117
✓	0		95117	臧	107橋游漲	臧	107橋游漲	臧	臧算?? ?				95117
✓	0		95117	臧	107橋游漲	臧	107橋游漲	臧	臧算?? ?				95117
✓	0		95117	臧	107橋游漲	臧	107橋游漲	臧	臧算?? ?				95117
✓	0		95117	臧	107橋游漲	臧	107橋游漲	臧	臧算?? ?				95117
✓	0		95117	臧	107橋游漲	臧	107橋游漲	臧	臧算?? ?				95117
✓	0		95117	臧	107橋游漲	臧	107橋游漲	臧	臧算?? ?				95117
✓	0		95117	臧	107橋游漲	臧	107橋游漲	臧	臧算?? ?				95117
✓	0		95117	臧	107橋游漲	臧	107橋游漲	臧	臧算?? ?				95117
✓	0		95117	臧	107橋游漲	臧	107橋游漲	臧	臧算?? ?				95117
													NCHC Copyrights 2020

圖 3-6、以 DBF 檔案檢視軟體開啟已加入明文版權宣告之 DBF 檔

(2) 高程(Z)值 DCT 嵌入

對折線和多邊形物件，對其高程值，採 DCT 嵌入方法[39]。對於點物件，對其高程值，採 LSB 嵌入方法。對於折線和多邊形物件，依其物件上點接續的順序，對其高程值，進行 DCT 轉換，並嵌入版權資訊，並對於圖點依 X 值，對 Y 值進行 DCT 轉換，並嵌入版權資訊。

(3) 拓撲關係長度值嵌入

對折線和多邊形物件，對其高程值，採 DCT 嵌入方法[40]。對於點物件，對其高程值，採 LSB 嵌入方法。

3. 向量檔案隱碼技術開發

向量圖資檔案(Shapefile 格式)包括三種類型：點、折線和多邊形物件。檔案中圖點用以嵌入版權資訊的數值包括圖點的高程值和坐標值。基本上，高程值嵌入版權資訊的方法採用 DCT 轉換係數嵌入方法，坐標值嵌入版權資訊的方法則採用拓撲特性中兩圖點間的距離和相鄰兩線段間夾角度來嵌入版權資訊。但是這三種類型檔案包含不同的特性，所以必須針對不同特性，調整其嵌入機制。如折線物件可能只包含 2 個圖點，在這種情形下，高程值嵌入時採用 DCT 轉換係數嵌入方法則不適合，所以採取 LSB 嵌入法。以下介紹其技術

細節與執行狀況：

(1) 點物件

版權資訊嵌入點的選擇：

版權資訊切分為 32 個群組，每個群組除了包含部分版權資訊外，也包含版權資訊的編排序號和稽核資訊。圖點群組的組成必須包含至少 9 個圖點，其中特徵值最大的圖點是群組的中心點，而且每個群組包含的嵌入圖點必須滿足不重複的條件。為滿足在旋轉破壞情況時，可以選擇相同的嵌入圖點群組，設定圖點的特徵值(Feature)為此圖點和周圍相近圖點的斜度值：

$$\text{Feature}(P) = \frac{1}{N} * \sum_{i=1}^N \frac{|Z_P - Z_{P_i}|}{\sqrt{(X_P - X_{P_i})^2 + (Y_P - Y_{P_i})^2}}$$

群組中心圖點 P 選擇的條件：點 P 為圓心，存在一半徑 r，圓 P 內包含至少 9 個圖點，而且圖點 P 的特徵值為最大值；不同群組的圖點不得重複；相鄰群組包含的圖點重複時，保留特徵值較高的圖點群組，捨棄特徵值較低的圖點群組。如下圖所示，P1 圖點群組和 P2 圖點群組的都不重複，所以兩個群組都保留；P1 圖點群組和 P3 圖點群組有 2 個圖點重複，圖點 P1 特徵值大於圖點 P2 特徵值，所以保留 P1 圖點群組，捨棄 P2 圖點群組。

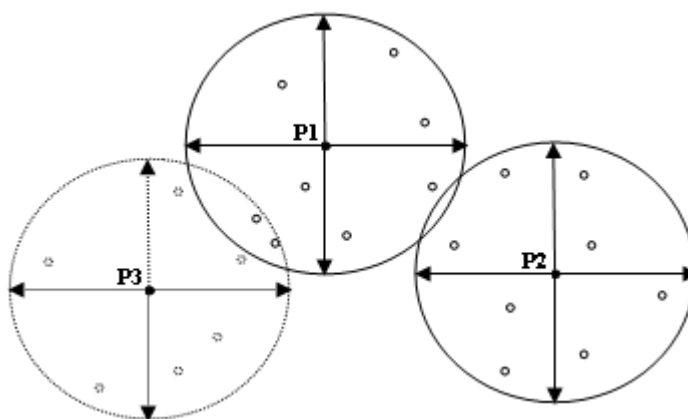


圖 3-7、點物件嵌入圖點區間選擇示意圖

嵌入圖點排序：

群組包含的圖點，依照其特徵值大小依序排列，特徵值最大者

為群組的中心點，中心點不嵌入資訊，其餘各點依序嵌入版權資訊。

嵌入方式：

- 圖點高程：採 LSB 方式嵌入版權資訊。
- 圖點坐標：依據中心圖點跟群組中每個圖點連線段的距離(r)和角度(θ)，嵌入版權資訊。

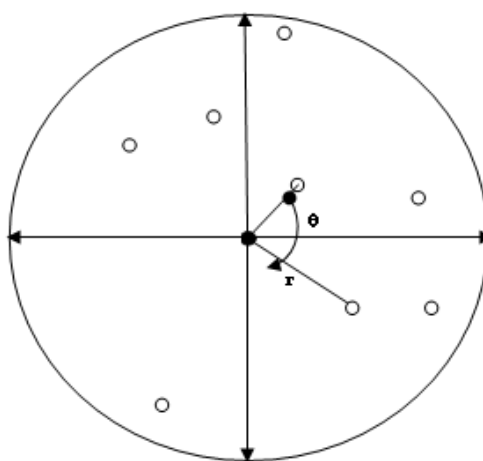


圖 3-8、點物件嵌入圖點間關係圖

執行與實驗效果：

經過測試，很多個檔案的圖點間形成夾角近乎直線的現象(\cos 值為 0.99~1.0，角度為 175~180 度之間)，導致嵌入後產生的數值近乎可捨去的位數。因而採用圖點間長度值來嵌入資訊，但由於收斂速度太慢，無法達到可接受的圖幅處理時間，因此成果展示軟體系統中捨棄採用圖點坐標嵌入版權資訊的做法。

(2) 折線物件

版權資訊嵌入點的選擇：

版權資訊切分為 32 個群組，每個群組除了包含部分版權資訊外，也包含版權資訊的編排序號和稽核資訊。每個物件包含多個圖點，設定圖點的特徵值(Feature)為此圖點和物件其他圖點的斜度值：

$$\text{Feature}(P) = \frac{1}{N} * \sum_{i=1}^N \frac{|Z_P - Z_{P_i}|}{\sqrt{(X_P - X_{P_i})^2 + (Y_P - Y_{P_i})^2}}$$

並將物件中所有圖點中最大的特徵值定義為物件特徵值，並定義此圖點為物件代表點。群組中心點P選擇的條件：物件代表點P為圓心，存在一半徑r，圓P內包含物件的所有點滿足嵌入至少1組版權資訊的條件，而且在圓P內，物件代表點P的物件特徵值是最大值。

不同群組的包含的物件不得重複；相鄰群組包含的物件重複時，保留特徵值較高的物件群組，捨棄特徵值較低的物件群組。如下圖所示，P1 物件群組和 P2 物件群組的物件都不重複，所以兩個群組都保留；P1 物件群組和 P3 物件群組有 1 個物件重複，物件 P1 特徵值大於物件 P3 特徵值，所以保留 P1 物件群組，捨棄 P3 物件群組。

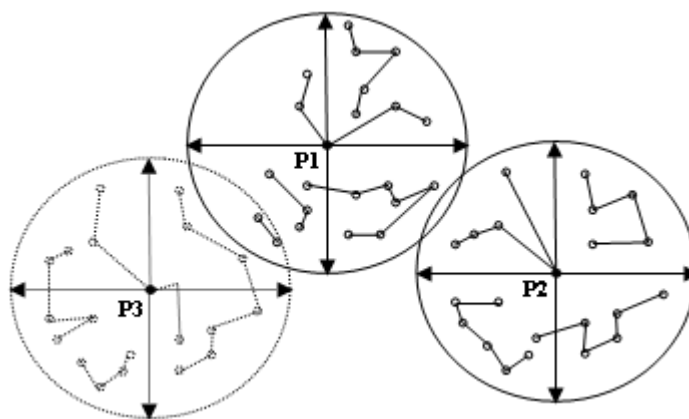


圖 3-9、折線物件嵌入圖點區間選擇示意圖

嵌入圖點排序：

物件群組包含的圖點，先依照物件特徵值大小依序排列物件，再依物件中圖點特徵值大小依序排列圖點，然後依排序嵌入版權資訊。

嵌入方式：

- 圖點高程：如果物件包含圖點大於 4 點，採用一維 DCT 轉換將版權資訊嵌入在轉換係數，否則採 LSB 方式嵌入版權

資訊。

- 圖點坐標：依據物件代表中心圖點跟物件中每個圖點連線段的距離(r)和角度(θ)，嵌入版權資訊。

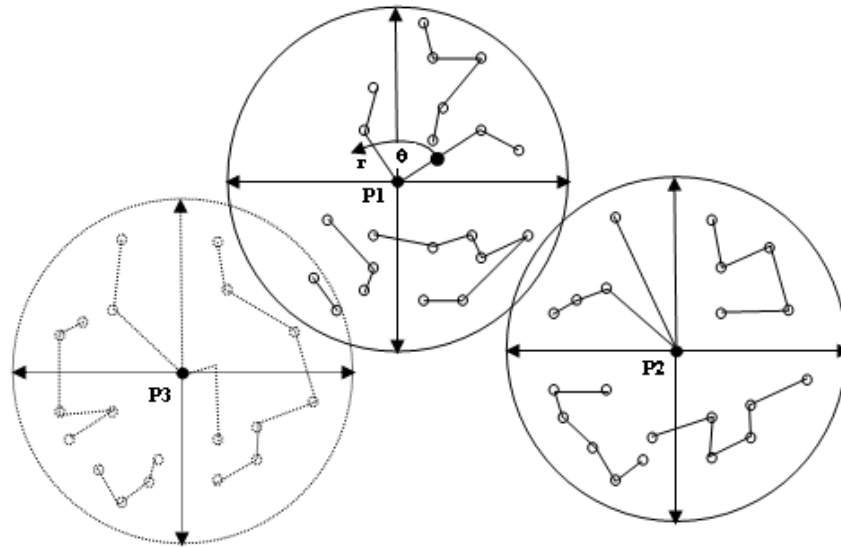


圖 3-10、折線物件嵌入圖點間關係圖

執行與實驗效果：

測試檔案中，很多個檔案的圖點間形成夾角近乎直線的現象 (cos 值為 0.99~1.0，角度為 175~180 度之間)，導致嵌入後產生的數值近乎可捨去的位數。因而採用圖點間長度值來嵌入資訊，但由於收斂速度太慢，無法達到可接受的圖幅處理時間，因此成果展示軟體系統中捨棄採用圖點坐標嵌入版權資訊的做法。

(3) 多邊形物件

版權資訊嵌入點的選擇：

版權資訊切分為 32 個群組，每個群組除了包含部分版權資訊外，也包含版權資訊的編排序號和稽核資訊。每個物件包含多個圖點，設定圖點的特徵值(Feature)為此圖點和物件其他圖點的斜度值：

$$\text{Feature}(P) = \frac{1}{N} * \sum_{i=1}^N \frac{|Z_P - Z_{P_i}|}{\sqrt{(X_P - X_{P_i})^2 + (Y_P - Y_{P_i})^2}}$$

並將物件中所有圖點中最大的特徵值定義為物件特徵值，

並定義此圖點為物件代表點。群組中心點P選擇的條件：物件代表點P為圓心，存在一半徑r，圓P內包含物件的所有點滿足嵌入至少1組版權資訊的條件，而且在圓P內，物件代表點P的物件特徵值是最大值。

不同群組的包含的物件不得重複；相鄰群組包含的物件重複時，保留特徵值較高的物件群組，捨棄特徵值較低的物件群組。如下圖所示，P1 物件群組和 P2 物件群組的物件都不重複，所以兩個群組都保留；P1 物件群組和 P3 物件群組有 1 個物件重複，物件 P1 特徵值大於物件 P3 特徵值，所以保留 P1 物件群組，捨棄 P3 物件群組。

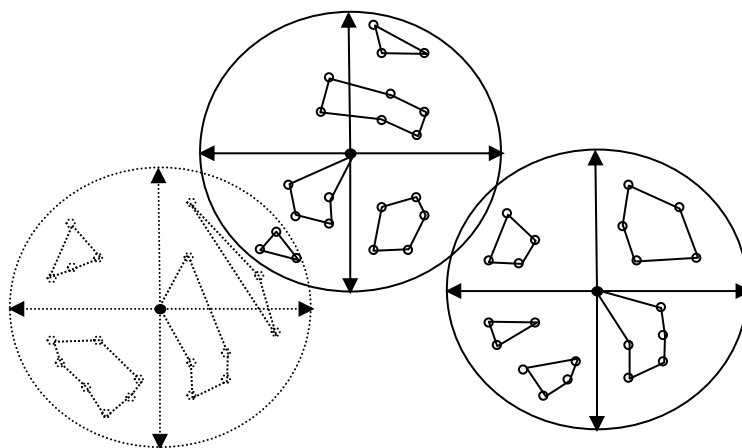


圖 3-11、多邊形物件嵌入圖點區間選擇示意圖

嵌入圖點排序：

物件群組包含的圖點，先依照物件特徵值大小依序排列物件，再依物件中圖點特徵值大小依序排列圖點，然後依排序嵌入版權資訊。

嵌入方式：

- 圖點高程：如果物件包含圖點大於 4 點，採用一維 DCT 轉換將版權資訊嵌入在轉換係數，否則採 LSB 方式嵌入版權資訊。
- 圖點坐標：本案研究依據物件代表中心圖點跟物件中每個

圖點連線段的距離(r)和角度(θ)，嵌入版權資訊。

執行與實驗效果：

測試檔案中，很多個檔案的圖點間形成夾角近乎直線的現象 (cos 值為 0.99~1.0，角度為 175~180 度之間)，導致嵌入後產生的數值近乎可捨去的位數。因而採用圖點間長度值來嵌入資訊，但由於收斂速度太慢，無法達到可接受的圖幅處理時間，因此成果展示軟體系統中捨棄採用圖點坐標嵌入版權資訊的做法

4. 容錯機制補充說明

容錯機制為了因應圖點資料受到破壞時，仍然能夠由破壞的圖點資訊萃取出版權資訊，採用了將圖資分為多個群組分別嵌入版權資訊，各個群組嵌入多組版權資訊，以達到抗破壞效果。為了確保效果，在嵌入資訊後，必須執行取出版權資訊的驗證動作，如果不符合效果，必須修正重新選取嵌入對象圖點。當圖幅點數多時，嵌入版權資訊要達到收斂的時間相當長，無法在可接受的圖幅處理時間內完成，因此成果展示軟體系統中採用每個群組嵌入一組版權資訊。由於在各種破壞性處理之後，在某些群組中嵌入的版權資訊會操到破壞，因此版權資訊識別時，將各群組間取回的版權資訊進行統計，以解析後出現次數最多的方式來識別版權資訊。

(四) 圖資隱碼工具

1. 圖資隱碼工具開發

(1) IshgridHandler.dll：圖資隱碼 C++ library

(2) Ishgrid：圖資隱碼 .net library

(3) Drptest：圖資隱碼 Window Form C# 測試程式，提供如何呼叫 DTM 圖資隱碼函式庫的視覺畫展示程式

2. 圖資隱碼函式庫

圖資隱碼函式庫 Ishgrid.dll，提供三大類函式(表 3-9)，各種函式庫之呼叫啟用及版權資訊解析及驗證函式庫呼叫流程，如圖 3-12、

圖 3-13：

- (1) 版權資訊嵌入函式
- (2) 版權資訊解析函式
- (3) 版權資訊驗證函式

表 3-9、圖資隱碼函式庫

函式庫類別	函式名稱	函式功能
版權資訊嵌入 版權資訊解析	GridEmbedAuthorityRights	嵌入版權資訊、關閉檔案及釋放使用資
	GridFindOpen	檔案開啟、掃描及解析識別ID
	GridFindNextID	解析下一個可能的識別ID
	GridFindBriefRights	解析簡要識別碼
	GridFindRights	解析完整版權資訊及明文版權宣告
	GridClose	關閉檔案及釋放使用資源
函式庫版本資訊	GridVersion	查詢函式庫版本

版權資訊嵌入函式庫呼叫流程：

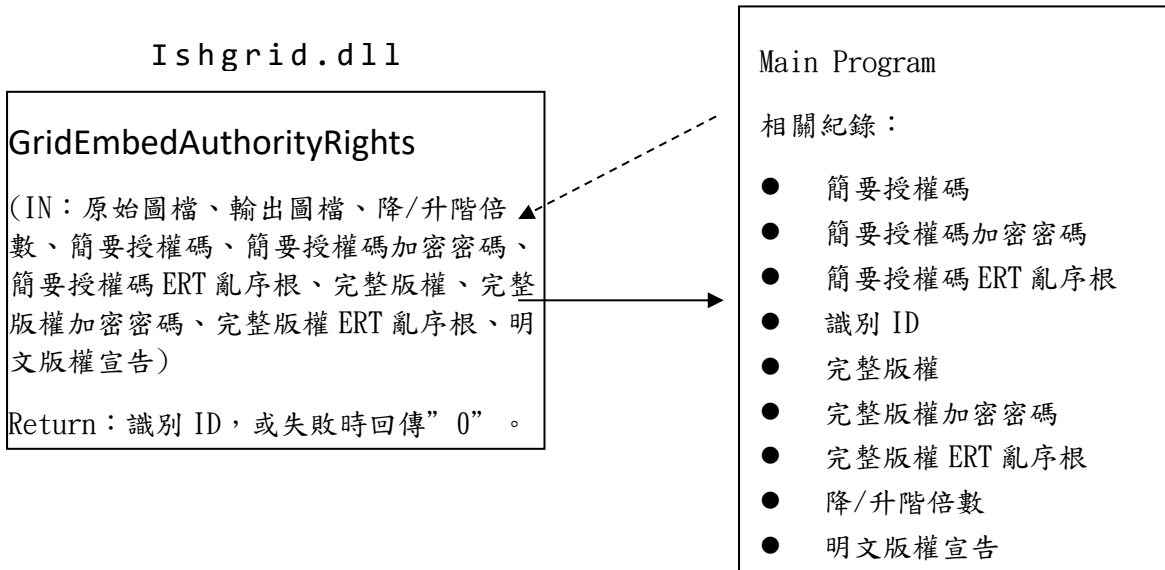


圖 3-12、版權資訊嵌入流程

版權資訊解析及驗證函式庫呼叫流程：

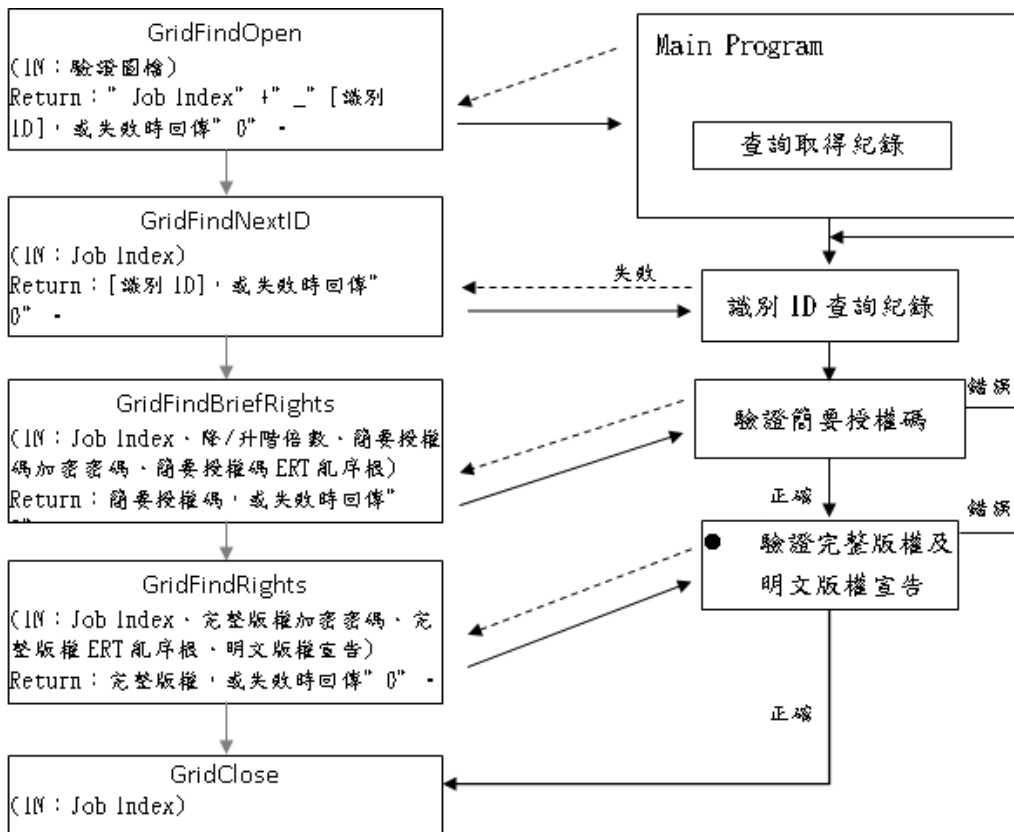


圖 3-13、版權資訊解析流程

3. 圖資隱碼嵌入及解析執行程序

以下分別針對圖資檔案授權嵌入程序及授權資訊解析識別步驟，分別描述如下：

(1) 圖資檔案授權資訊嵌入

圖資檔案必須經過授權管制保護處理，才能授權給使用者使用，以避免資料遭到濫用或盜用。版權資訊嵌入處理包含：

- A. 授權資訊建立與處理：首先會設定簡要授權碼、完整授權資訊和明文授權宣告，簡要授權碼會利用預設的通用密碼加密及 ERT 保護後嵌入到授權圖資，完整授權資訊則會經過個別設定密碼加密及 ERT 保護後再嵌入授權的圖資檔案。兩種不同版權資訊的處理方式主要考慮到版權資訊的不可否認性，和版權資訊解析執行的效率，明文授權宣告則會值加入至 Dbase 表格紀錄檔案。
- B. AES 加密金鑰建立與處理：個別授權時產生 AES 的加密金鑰及 ERT 亂序根，用於加密完整授權資訊。經由 AES 加密及 ERT 保護完整授權資訊，不但可以增加授權資訊的不可否認性，同時可以防止授權圖資經逆向處理，而取得原始圖資。預設 AES 加密金鑰及 ERT 亂序根則用於加密簡要授權碼，所以在解析授權資訊時，會使用預設 AES 金鑰及 ERT 亂序根來進行圖資檔案是不是授權檔案的判斷，確認是授權圖資檔案時，再進行完整授權資訊的解析，這樣就可以節省圖資檔案版權資訊的解析時間。
- C. 識別 ID：執行圖資檔案授權時，初始化處理會分析檔案特性，包含位置坐標，也會利用坐標產生一個識別 ID，以作為授權紀錄查詢的一個依據。

版權資訊嵌入流程如圖 3-14：

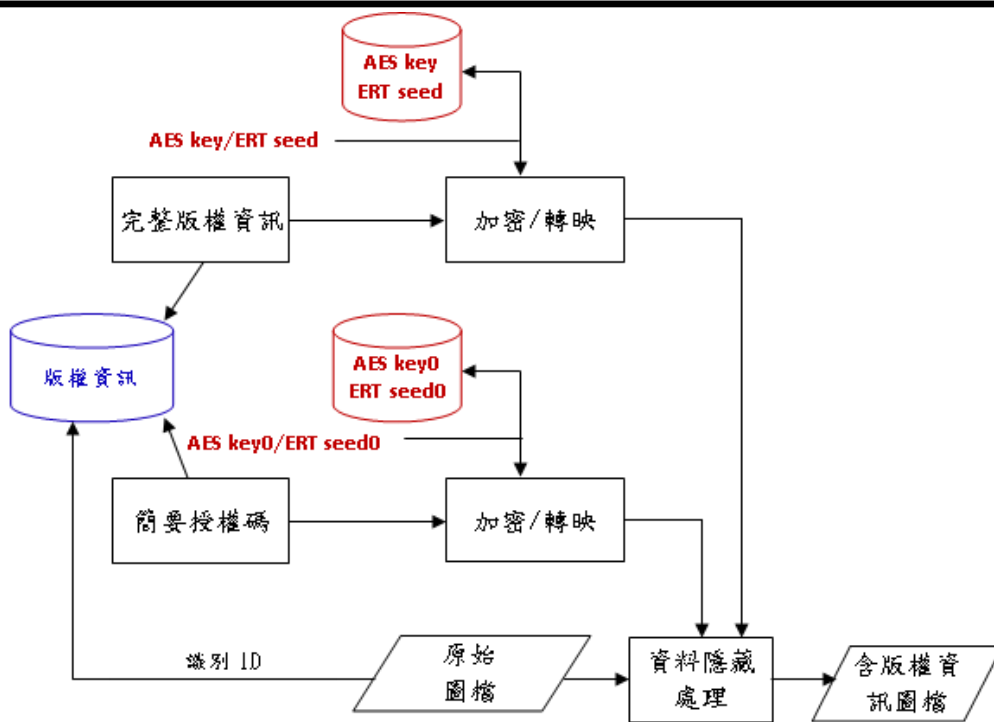


圖 3-14、圖資檔案授權保護架構圖

(2) 圖資檔案授權資訊解析識別

解析授權圖資檔案的授權資訊包含：

- A. 圖資檔案初始化處理：分析檔案特性，並依隱碼的方式，逆向解析出可能的識別 ID，並由資料庫紀錄確認此筆紀錄是否存在，如果不存在，則依同樣方式繼續搜尋識別 ID，直到確認紀錄存在。
- B. 驗證簡要授權碼：在步驟 1 取得識別 ID，同時可以解析出簡要授權碼和完整授權資訊。取得的簡要授權碼利用比對所得紀錄中的簡要授權碼 AES 金鑰和 ERT 轉映根，還原轉映並解密後和所得紀錄中的明文簡要授權碼比對，如果正確，就繼續執行完整授權資訊比對。如果錯誤，必須重複步驟 1，再搜尋下一筆可能的識別 ID。
- C. 完整授權資訊驗證：在步驟 1 取得識別 ID，同時可以解析出完整授權資訊。取得的完整授權資訊利用比對所得紀錄中的完整授權資訊 AES 金鑰和 ERT 轉映根，還原轉映並解密後和所得紀錄中的明文完整授權資訊比對，如果正確，就能

確認授權來源。如果錯誤，必須重複步驟 1，再搜尋下一筆可能的識別 ID。

授權資訊解析識別流程如圖 3-15：

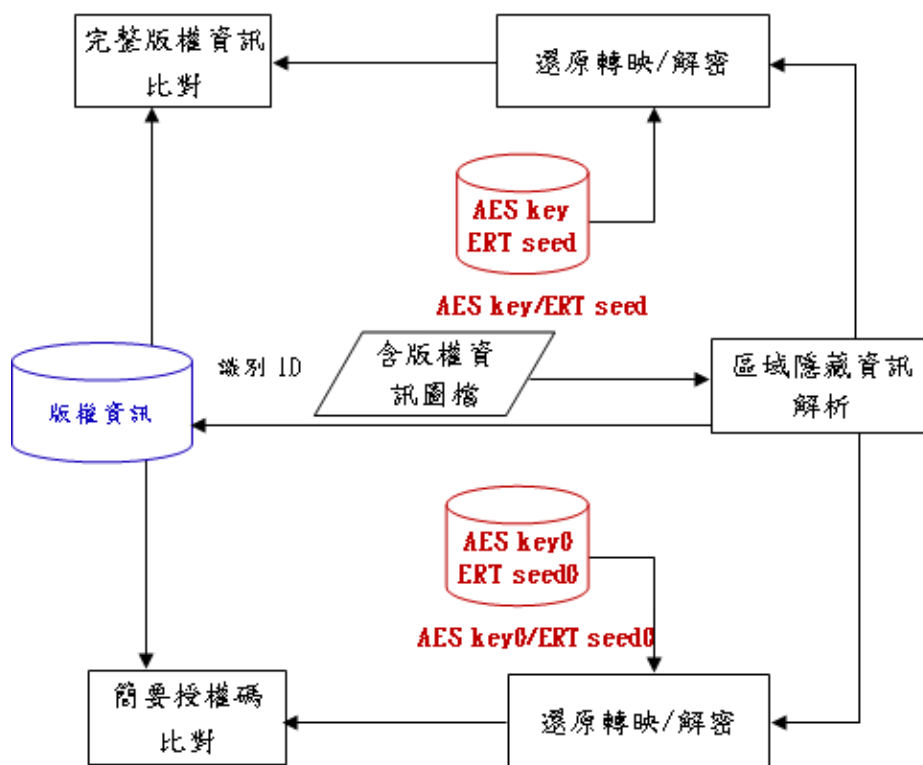


圖 3-15、圖資檔案授權資訊解析架構圖

4. 圖資隱碼函式庫視覺化操作程式

本案為了進行圖資隱碼工具開發，開發簡易的圖資隱碼函式庫視覺化操作程式 DrpTest。DrpTest 為一個 C# Windows Form 程式，用於展示如何呼叫圖資隱碼函式庫 Ishgrid.dll 所提供的函式，程式功能如表 3-10。

表 3-10、圖資隱碼程式功能說明表

原始圖檔	要執行嵌入隱碼或識別驗證隱碼的檔案
輸出圖檔	執行嵌入隱碼輸出的檔案
完整版權資訊	完整版權資訊
完整版權AES	完整版權資訊AES加密密碼

完整版權ERT	完整版權資訊轉映亂序根
簡要版權資訊	簡要授權碼
簡要版權AES	簡要授權碼AES加密密碼
簡要版權ERT	簡要授權碼轉映亂序根
版權識別ID	識別ID
圖像降升階倍數	圖像可能經過降/升階處理的倍數(LAS格式檔案時，此欄位忽略)
明文版權宣告	明文版權宣告

以下分別針對圖資檔案授權嵌入程序及授權資訊解析識別步驟，分別描述如下：

(1) 圖資檔案授權資訊嵌入

選擇檔案後，先填入完整版權資訊、完整版權 AES、完整版權 ERT、簡要版權資訊、簡要版權 AES、簡要版權 ERT、明文版權宣告，再點選嵌入授權（圖 3-16）。嵌入授權完成後，會顯示出識別 ID（圖 3-17）。

The screenshot shows a software window titled 'Form1' with the following fields and controls:

- 原始圖檔: E:\Temp\Shp\94192051
- 輸出圖檔: E:\Temp\Shp\94192051_test
- 完整版權資訊: 626173655B6D5D3B0D0A090909090952
- 完整版權AES: 6620282147657446696C6553697A6545
- 完整版權ERT: 29493764311F9339
- 簡要版權資訊: 2C20647742797465
- 簡要版權AES: 7446696C65290D0A7B0D0A094C4F4E47
- 簡要版權ERT: 7BEB735058DF5743
- 版權識別ID: (empty field)
- 明文版權宣告: Nchc plaintext copyrights 2020
- 圖像降/升階倍數: 解析度 (radio buttons for 1, 4, 5, 20; 1 is selected)

Buttons at the bottom: 嵌入授權, 搜尋識別ID, 再搜尋ID, 搜尋簡要, 驗證完整授, 關閉

圖 3-16、圖資檔案授權資訊輸入畫面

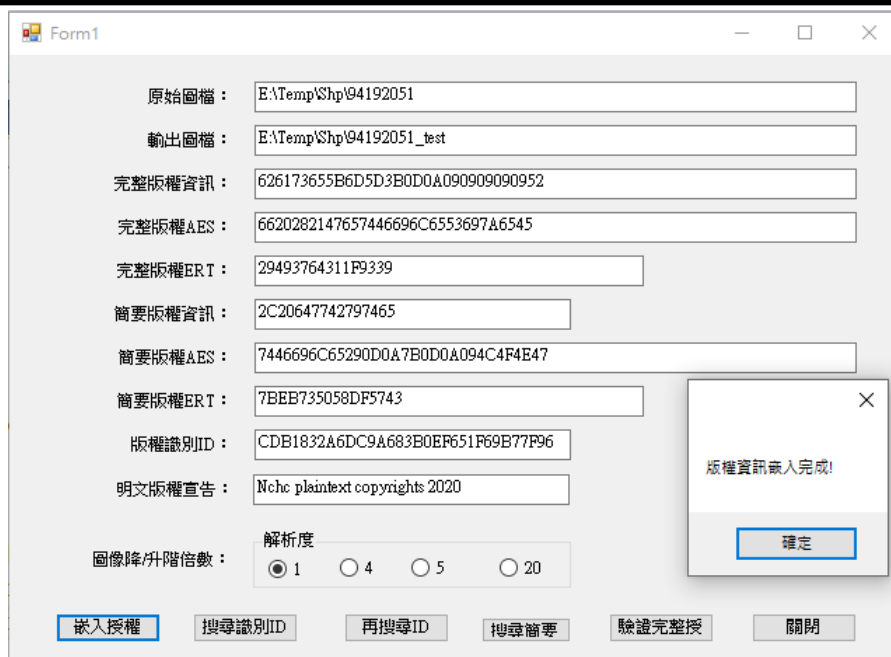


圖 3-17、圖資檔案嵌入授權資訊完成畫面

(2) 圖資檔案授權資訊解析識別

版權資訊搜尋：在不知道可能的授權來源時，要重複搜尋識別 ID、解析簡要識別碼、完整版權資訊的步驟，直到完全比對相符（如圖 3-18）。

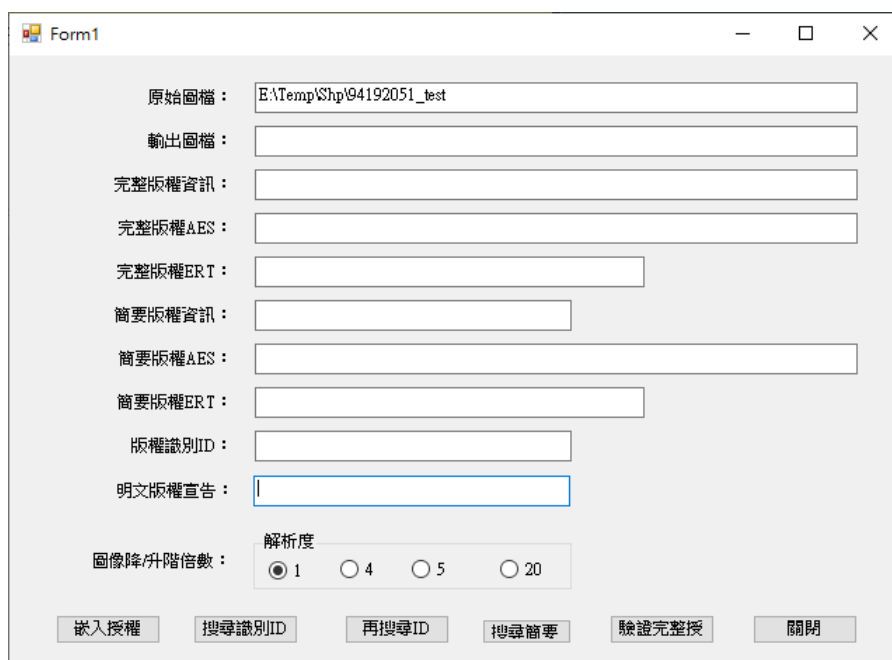


圖 3-18、圖資檔案版權搜尋執行畫面

A. 首先要搜尋識別 ID (如圖 3-13)

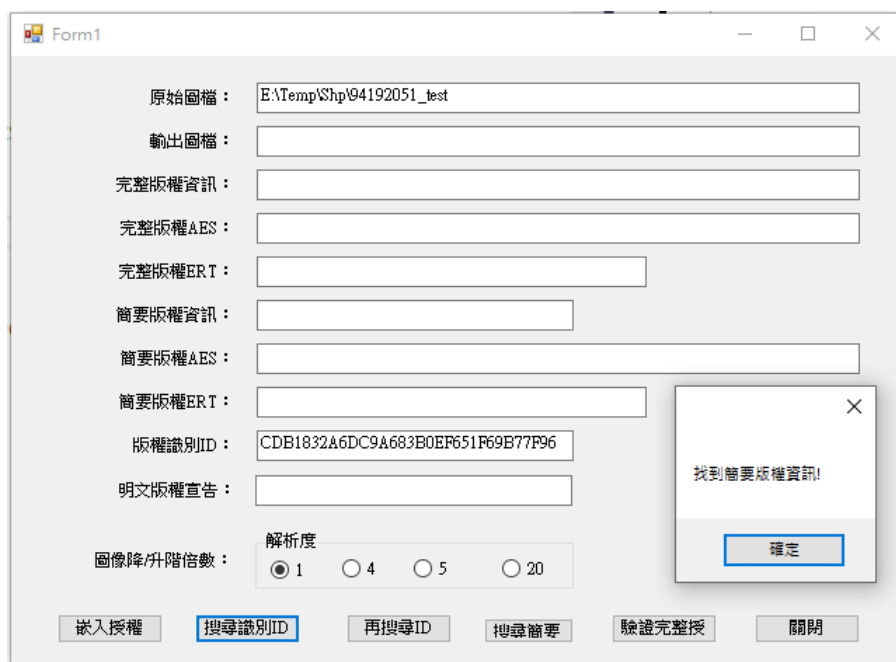


圖 3-19、圖資檔案搜尋識別 ID 完成畫面

B. 透過識別 ID 取得版權資訊

搜尋識別 ID 完成後可以得到識別 ID，再由資料庫查詢到其完整版權 AES、完整版權 ERT、簡要版權 AES 和簡要版權 ERT。(如圖 3-20、3-21)

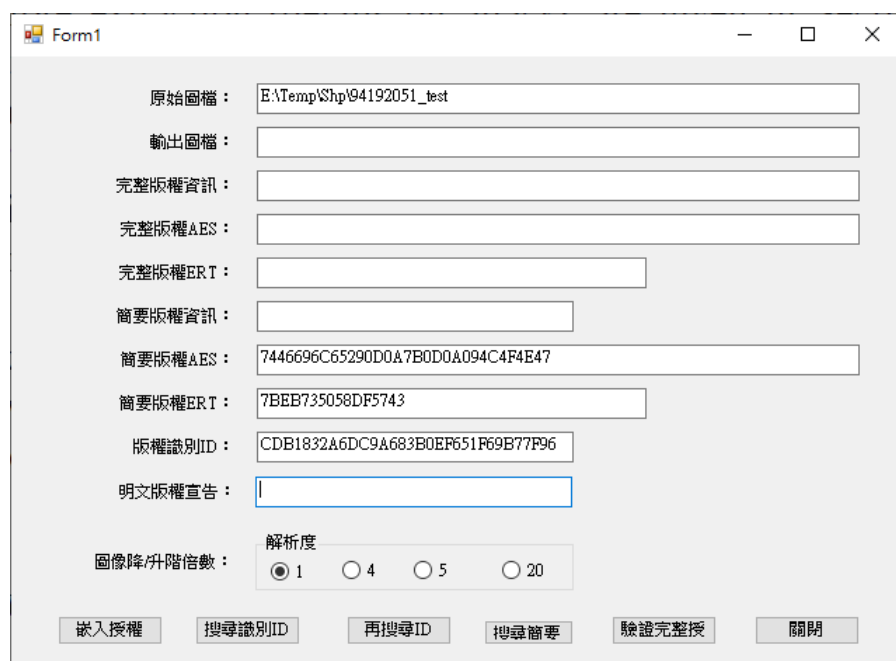


圖 3-20、圖資檔案搜尋取得簡要版權 AES、ERT

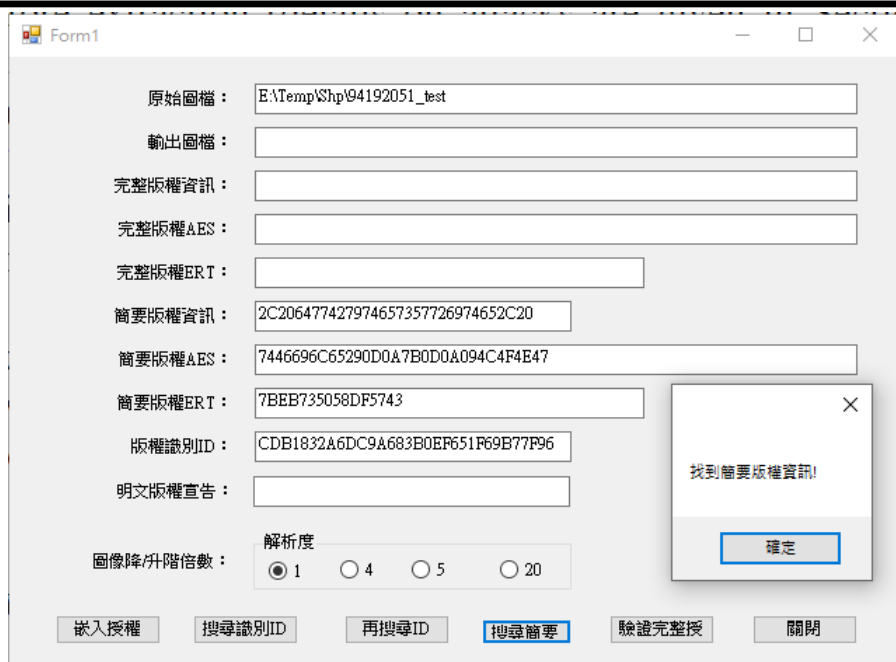


圖 3-21、圖資檔案搜尋取得簡要版權資訊完成畫面

C. 取得完整版權資訊確認授權來源

確認簡要版權資訊正確後，再輸入完整版權 AES、完整版權 ERT（如圖 3-22）。驗證完整授權完成後可以得到完整版權資訊及明文授權宣告，可以完全確認授權來源(如圖 3-23)。

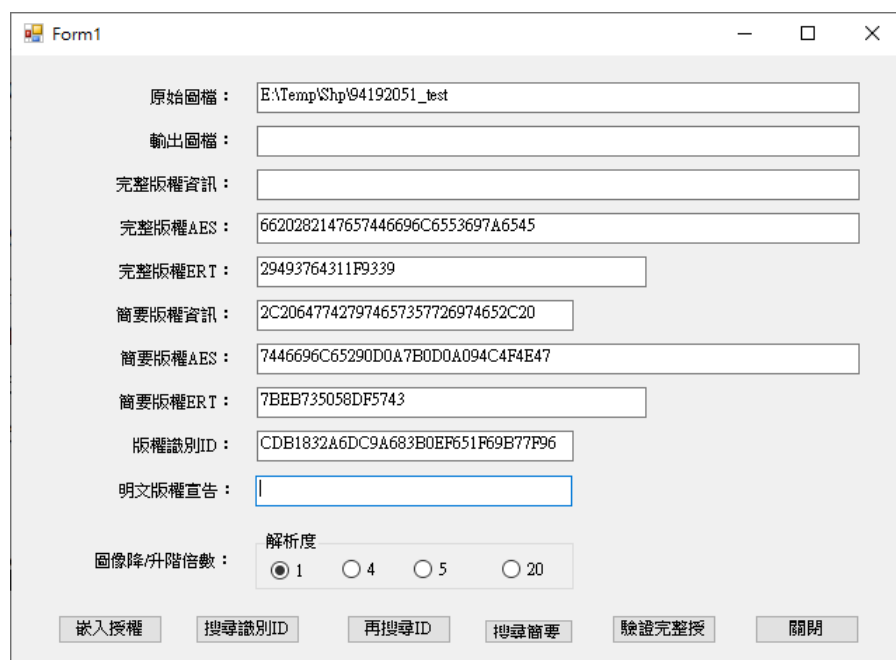


圖 3-22、圖資檔案取得完整版權 AES、ERT

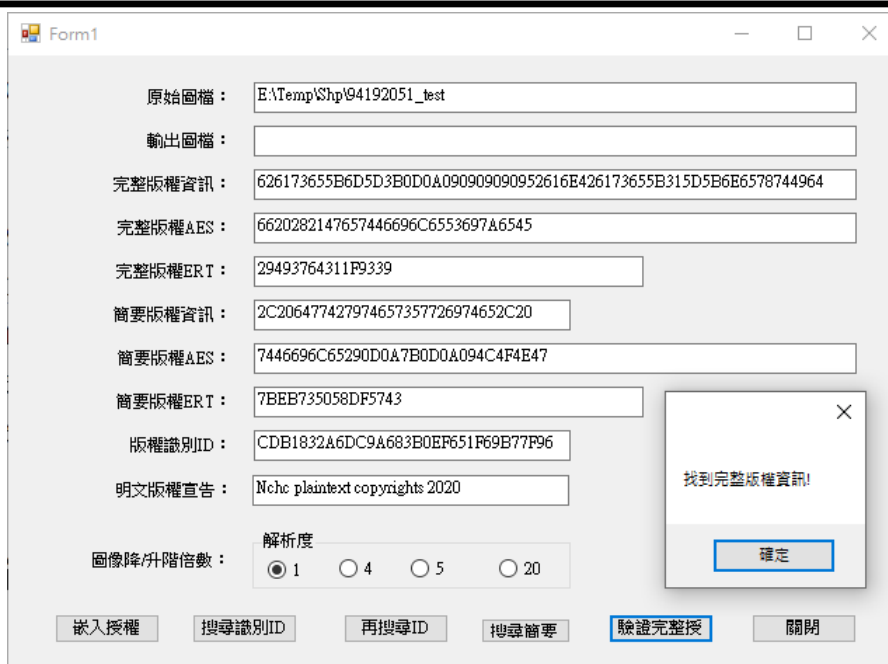


圖 3-23、圖資檔案搜尋取得完整版權資訊完成畫面

(五) 圖資隱碼嵌入識別與抗破壞測試

針對 GRD、GeoTiff、LAS 和 SHP 等圖資檔案進行版權資訊嵌入/識別及各種對應抗破壞測試（捨位、切割、旋轉、隨機誤差、高程平移）的測試結果如表 3-11。

表 3-11、圖資隱碼抗破壞測試結果列表

	GRD	GeoTiff	LAS (車載 / 空載)	SHP (HyDEM / HD Maps)
嵌入/識別	OK	OK	OK	OK
捨位	可識別	可識別	可識別	N/A
切割	可識別	可識別	可識別	可識別
旋轉	可識別	可識別	N/A	可識別
隨機誤差	可識別	可識別	N/A	N/A
高程平移	可識別 (有條件)	可識別 (有條件)	N/A	N/A

目前採取：HyDEM 和 LiDar 檔案嵌入資料數值 0.01M

測試使用電腦：Intel i7-9700 CPU@3.0GHz, 128 GB Memory

以下分別說明各種測試結果：

1. GRD規格圖資檔測試

測試的圖資檔為圖幅編號96221095dem_mountain.grd之數值地形模型資料，其資料筆數（網格點數）共有7146576筆，網格資料涵蓋空間坐標為(286200,2.73794e+06)到(288755,2.74074e+06)，圖幅位置如圖3-24。

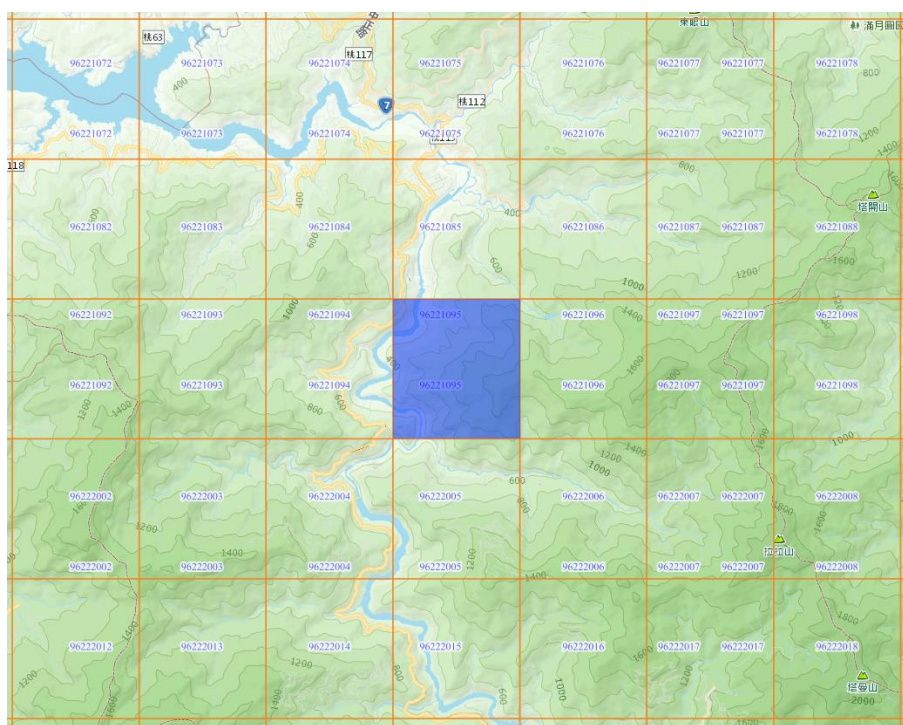


圖 3-24、測試檔案範圍（GRD）

(1) 嵌入/取出版權測試

針對測試圖檔嵌入「NCHC Copy Rights」之版權資訊(圖3-25)，再行測試取回完整版權資訊之驗證(圖3-26)。

版權資訊嵌入時間：9分鐘。

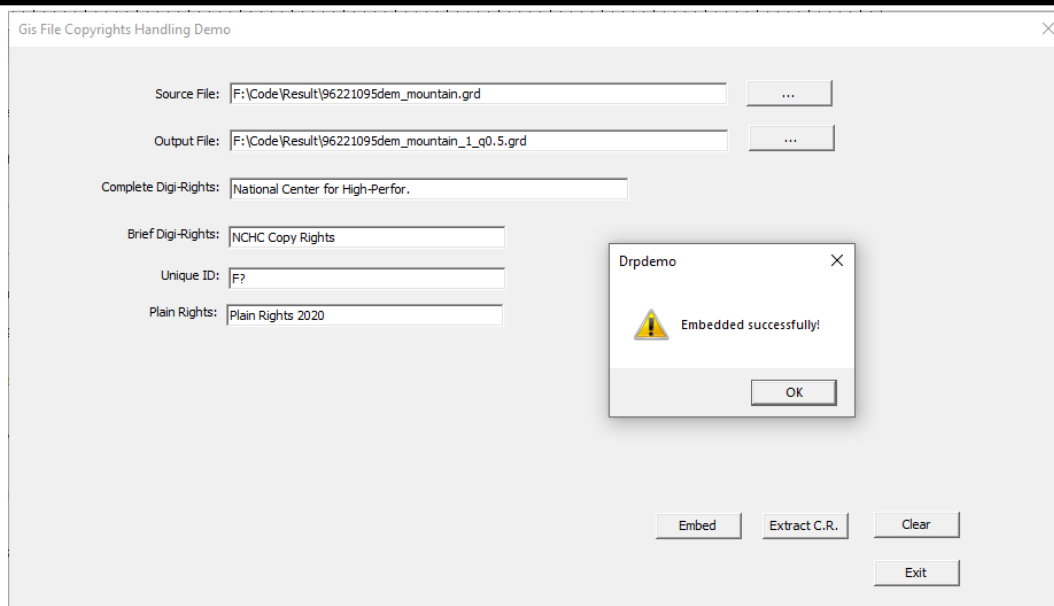


圖 3-25、圖檔 (GRD) 嵌入版權資訊之測試畫面

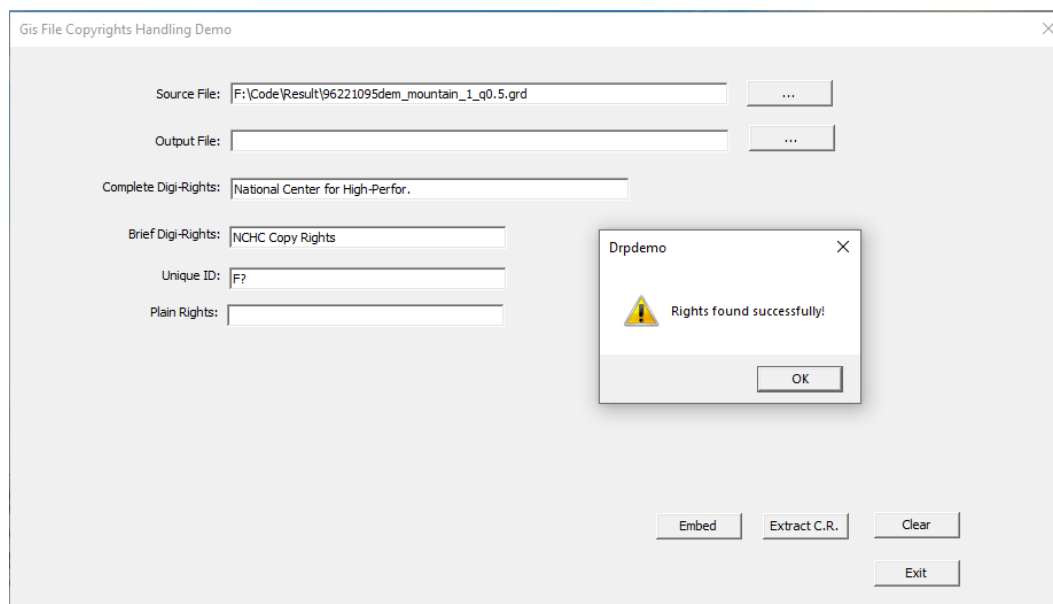


圖 3-26、圖檔 (GRD) 版權資訊取回驗證畫面

(2) 抗攻擊破壞的強度的測試

利用五種方式對GRD網格資料進行破壞，觀察嵌入的授權資訊對於抗攻擊破壞的強度。

方式如下：

- A. 切割：針對(286400,2.73802e+06) 到(288700,2.74000e+06) 的區域範圍，從已完成版權嵌入之測試檔案中切割出來 (圖

3-27)，切割比例約為原檔案之 38%，再將切割圖檔進行版權資訊之取回驗證（圖 3-28）。

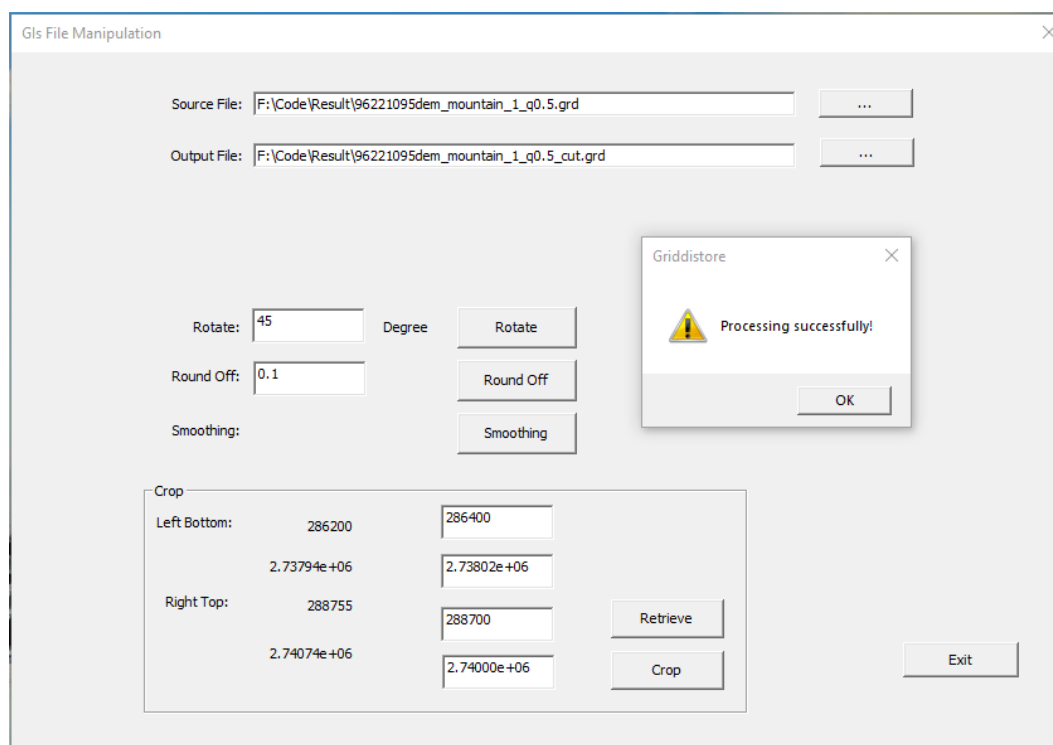


圖 3-27、嵌入版權資訊之測試圖檔（GRD）進行區域切割的執行畫面

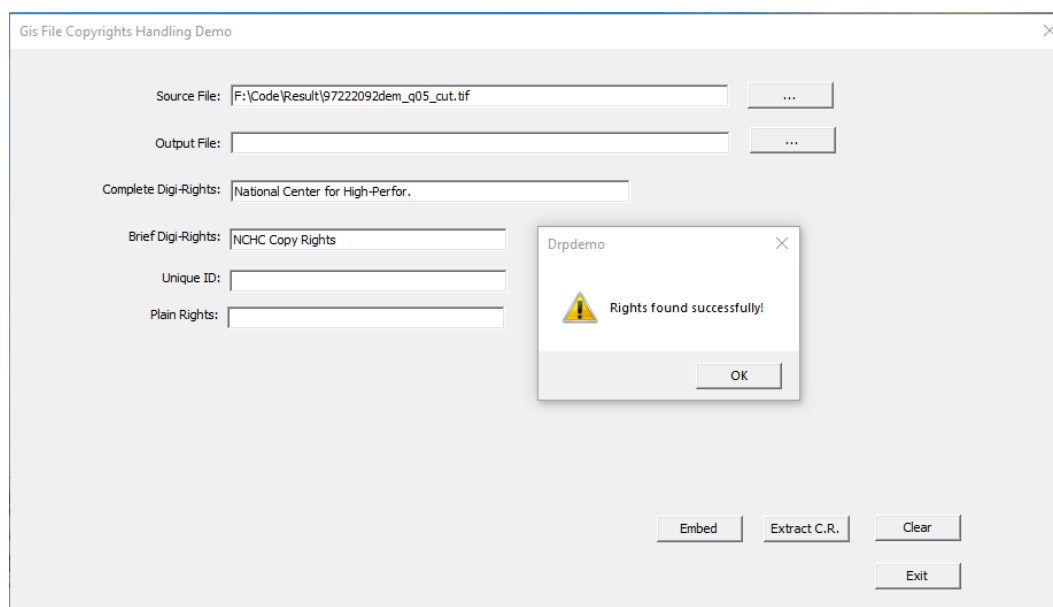


圖 3-28、區域切割之測試圖檔（GRD）進行版權驗證的執行畫面

B. **旋轉**：將嵌入版權資訊之測試圖檔進行旋轉破壞（如圖 3-29），再將旋轉後之圖檔進行版權資訊之取回驗證（圖 3-30）。

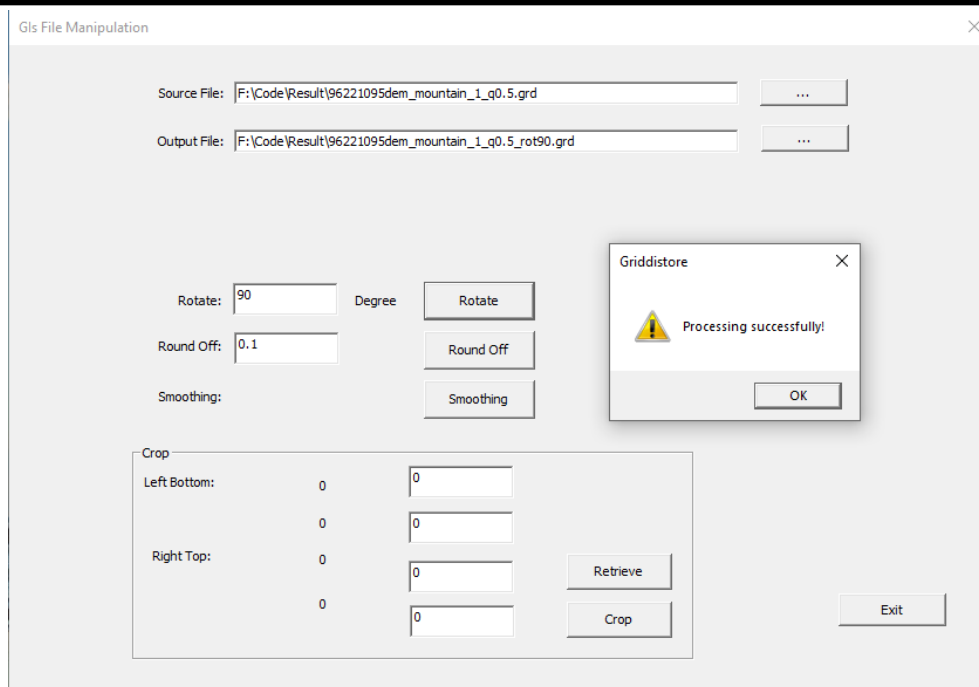


圖 3-29、嵌入版權資訊之測試圖檔（GRD）進行旋轉的執行畫面

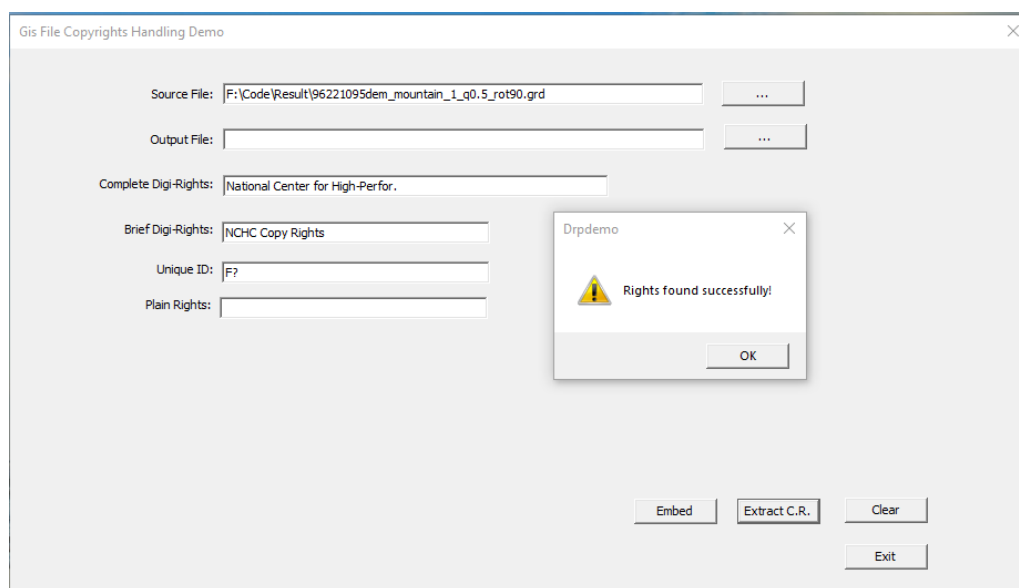


圖 3-30、旋轉破壞之測試圖檔（GRD）進行版權驗證的執行畫面

- C. **捨位**：將嵌入版權資訊之測試圖檔進行捨位破壞(如圖 3-31)，再將捨位後之圖檔進行版權資訊之取回驗證（圖 3-32）。

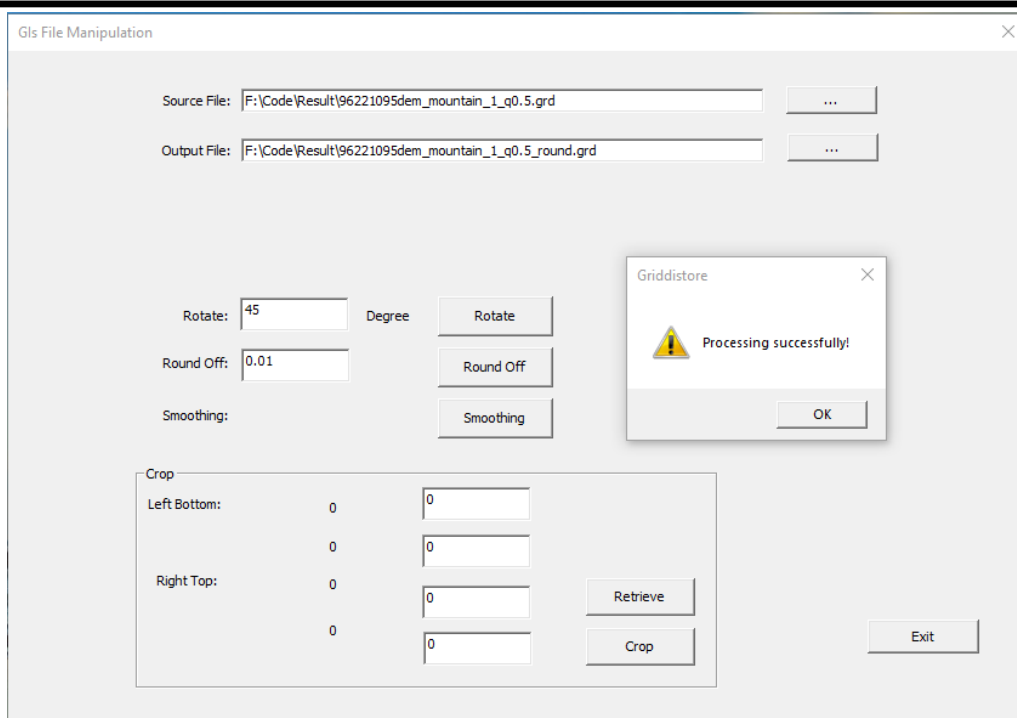


圖 3-31、嵌入版權資訊之測試圖檔（GRD）進行捨位的執行畫面

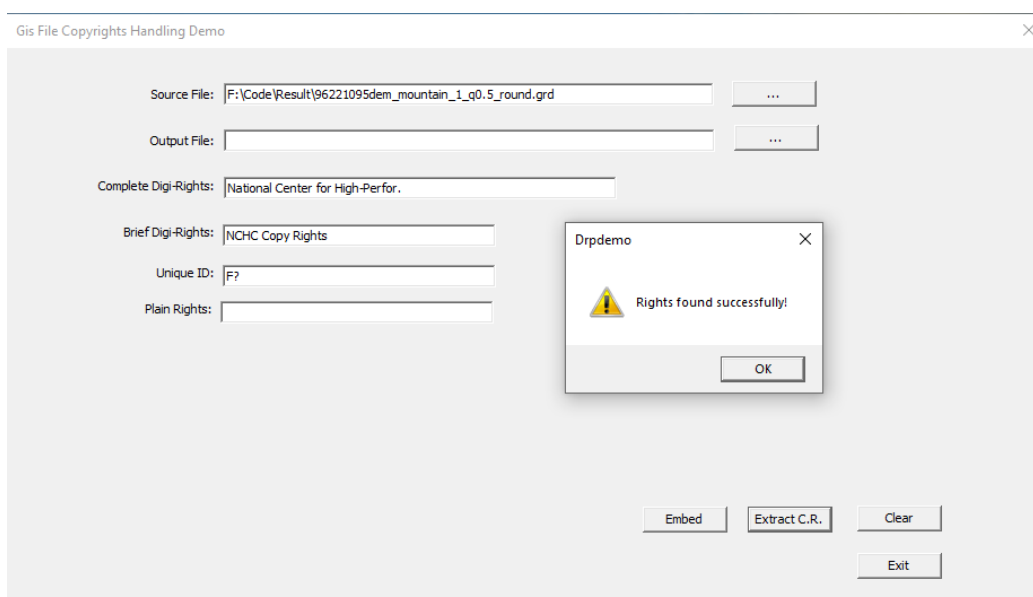


圖 3-32、捨位破壞之測試圖檔（GRD）進行版權驗證的執行畫面

D. **隨機誤差**：將嵌入版權資訊之測試圖檔進行隨機誤差破壞（如圖 3-33），隨機誤差方式為圖檔面積的 0.1% 加入高程值 8 公分的亂數。再將隨機誤差後之圖檔進行版權資訊之取回驗證（圖 3-34）。



圖 3-33、嵌入版權資訊之測試圖檔（GRD）進行隨機誤差的執行畫面

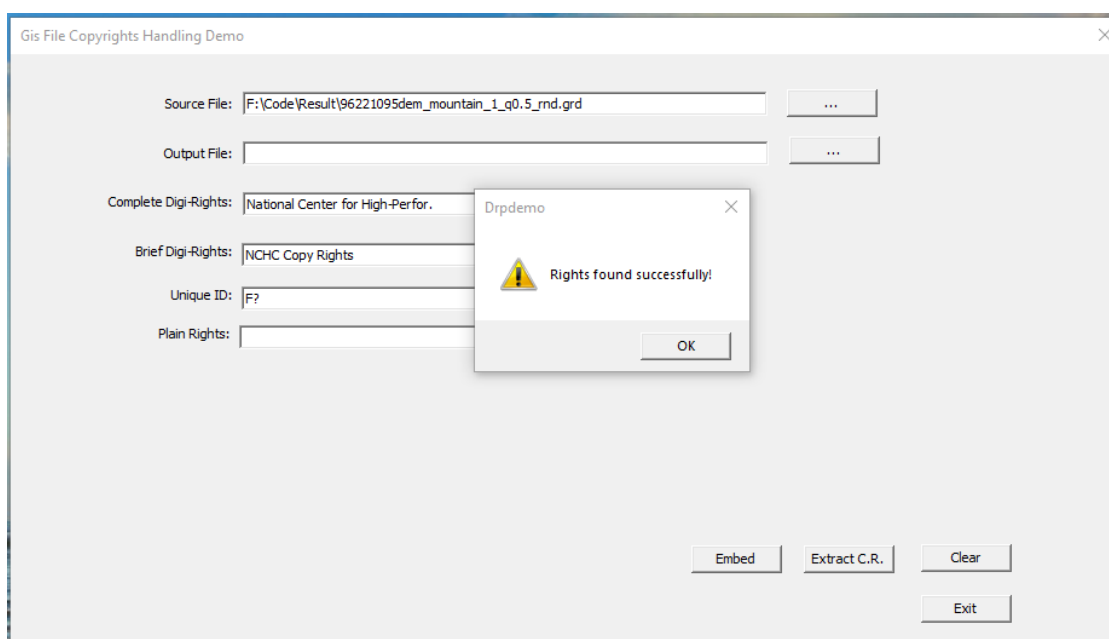


圖 3-34、隨機誤差破壞之測試圖檔（GRD）進行版權驗證的執行畫面

- E. **高程平移**：將嵌入版權資訊之測試圖檔進行高程平移破壞（如圖 3-35），高程平移方式為高程值加入圖幅高程區間的 0.1%。再將高程平移後之圖檔進行版權資訊之取回驗證（圖 3-36）。

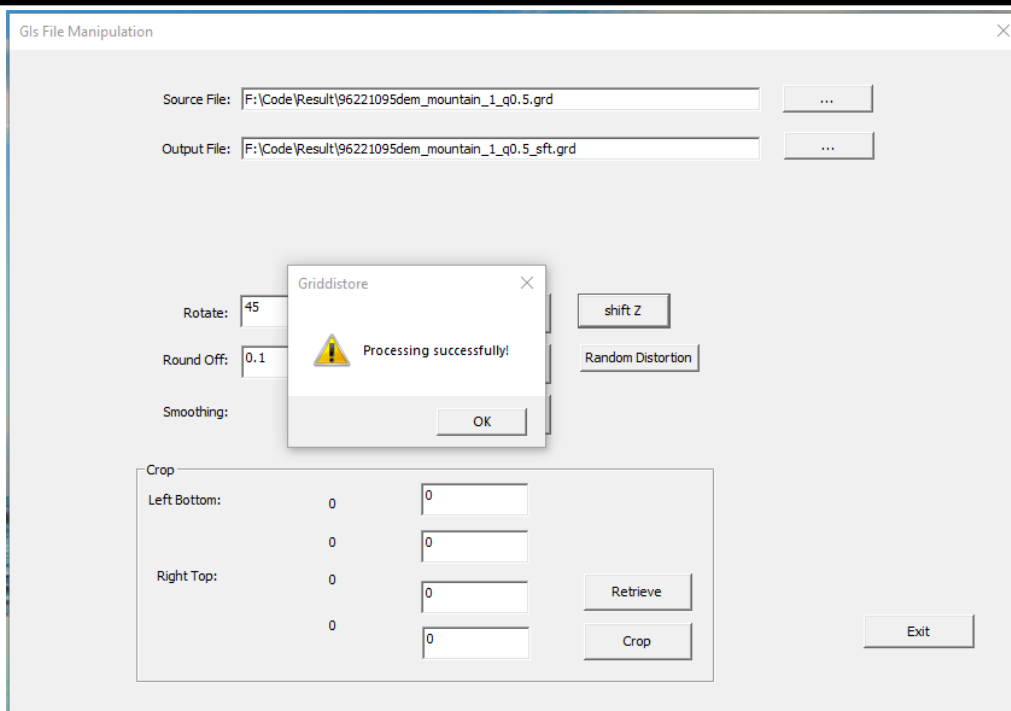


圖 3-35、嵌入版權資訊之測試圖檔（GRD）進行高程平移的執行畫面

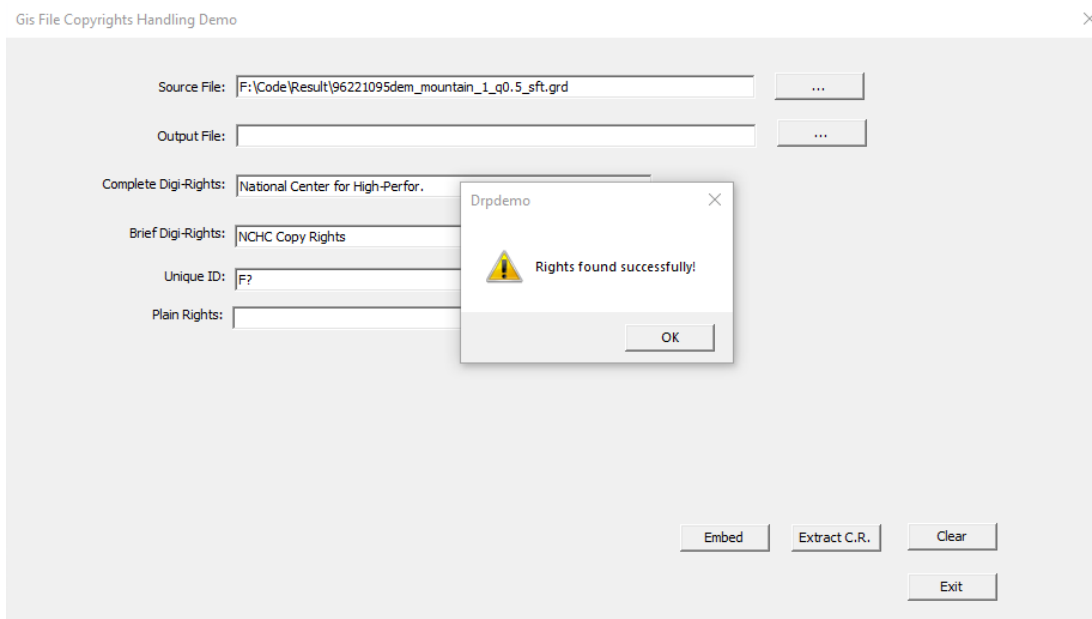


圖 3-36、高程平移破壞之測試圖檔（GRD）進行版權驗證的執行畫面

此外測試過程中發現，因 GRD 檔案嵌入資訊是將版權數位資訊嵌入在 DCT 轉換後的係數，例如以係數值的某個位數來表示此資訊是 0 或 1（一般都是以 2 進位表示法），同時由此位數值取出資訊值。但 DCT（或小波轉換）的值無法控制，轉換後係數和原高程數值並沒有線性的對應關係（因為 DCT 是經由 COSINE 計算），所以如果改變高程平移，經由 DCT 轉換後，如果影響到 DCT 係

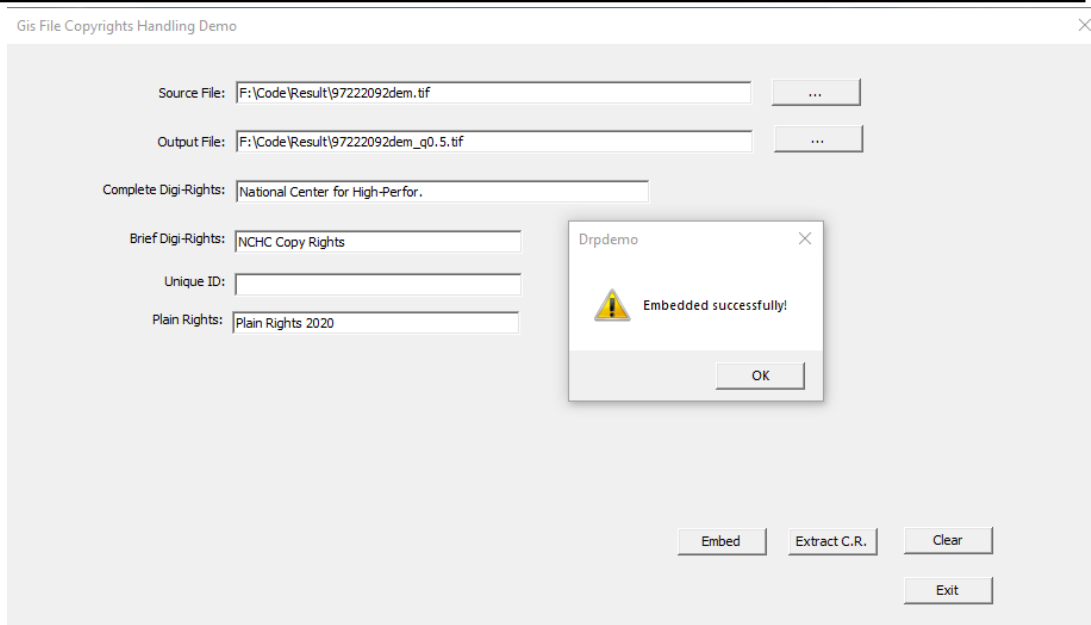


圖 3-38、圖檔 (GeoTiff) 嵌入版權資訊之測試畫面

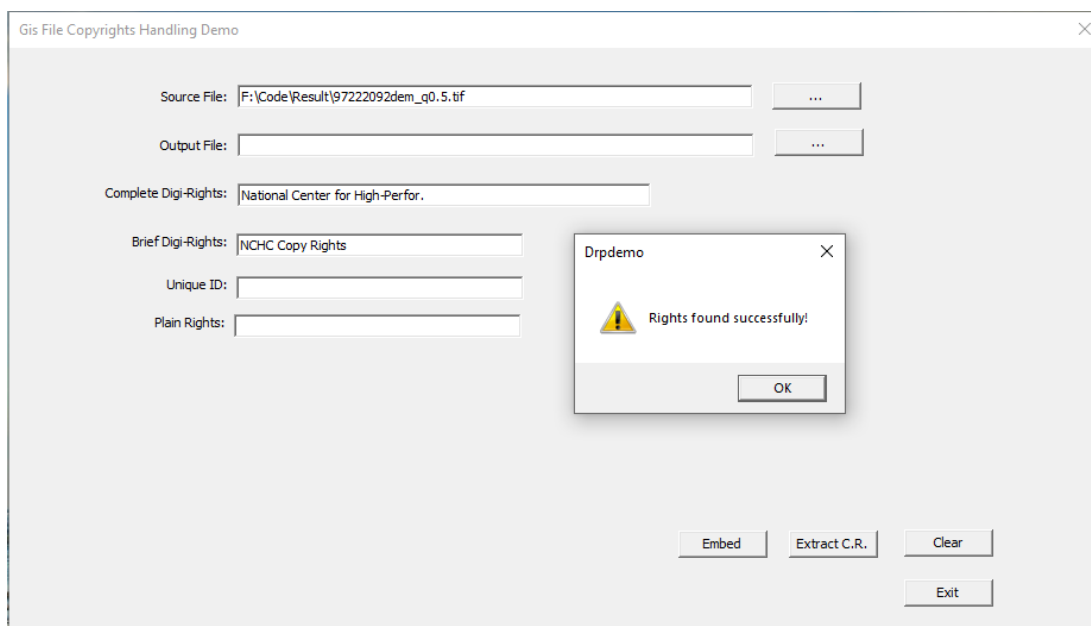


圖 3-39、圖檔 (GeoTiff) 版權資訊取回驗證畫面

(2) 抗攻擊破壞的強度的測試

利用三種方式對GeoTiff網格資料進行破壞，觀察嵌入的授權資訊對於抗攻擊破壞的強度。

方式如下：

- A. 切割：針對 (329382.5 2710477.5) 到 (331905.0 2713230.5) 的區域範圍，從已完成版權嵌入之測試檔案中切割出來 (圖 3-40)，切割比例約為原檔案之 56%，再將切割圖檔進行版權

資訊之取回驗證 (圖 3-41)。



圖 3-40、嵌入版權資訊之測試圖檔 (GeoTiff) 進行區域切割的執行畫面

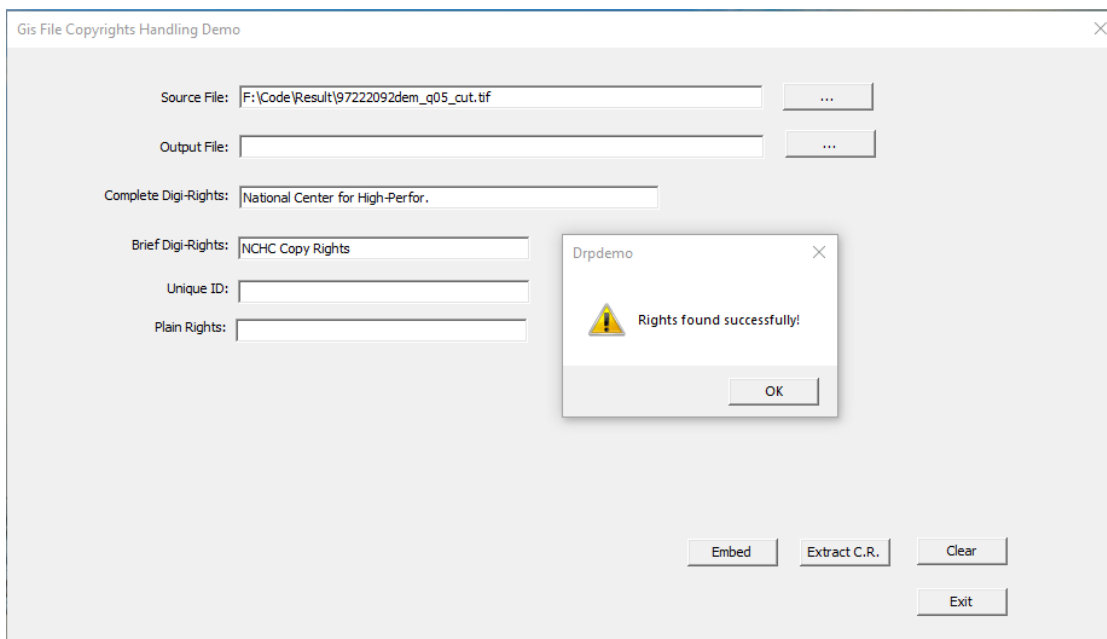


圖 3-41、區域切割之測試圖檔 (GeoTiff) 進行版權驗證的執行畫面

B. **旋轉**：將嵌入版權資訊之測試圖檔進行旋轉破壞(如圖 3-42)，再將旋轉後之圖檔進行版權資訊之取回驗證 (圖 3-43)。

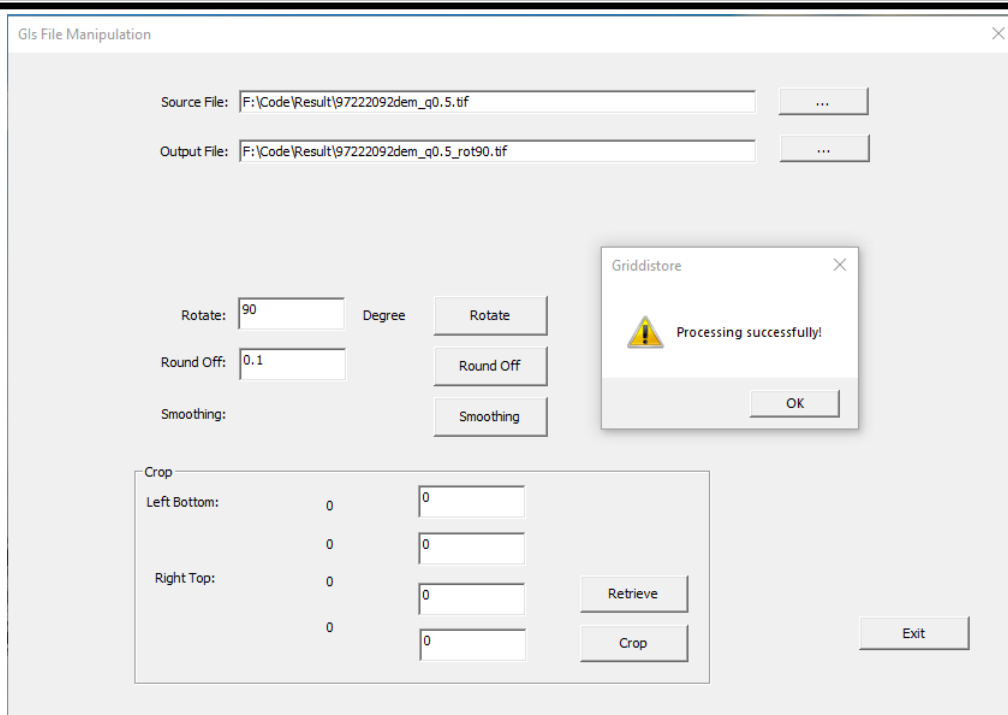


圖 3-42、嵌入版權資訊之測試圖檔 (GeoTiff) 進行旋轉的執行畫面

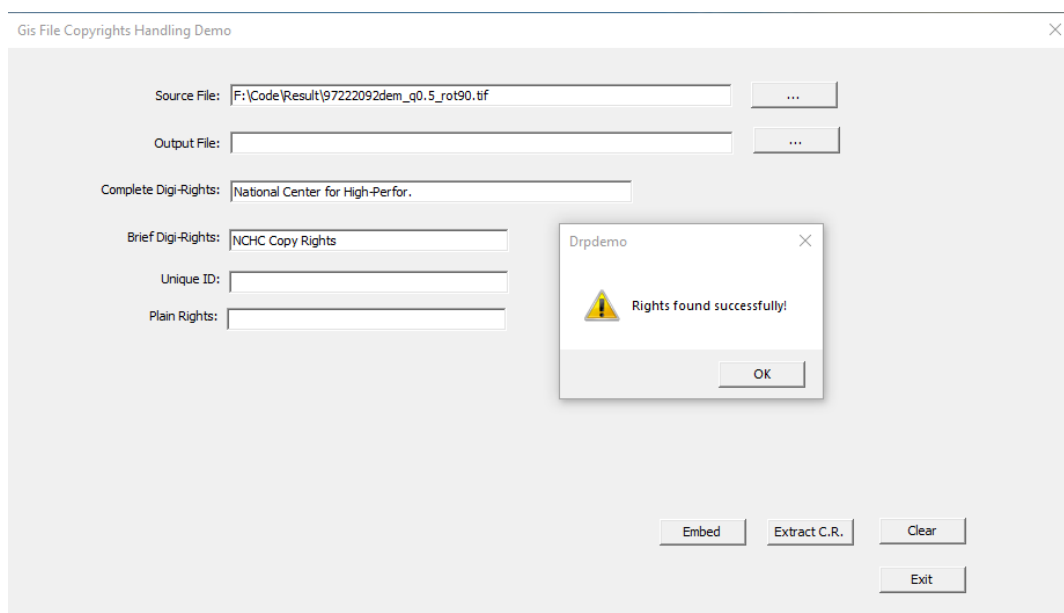


圖 3-43、旋轉破壞之測試圖檔 (GeoTiff) 進行版權驗證的執行畫面

- C. **捨位**：將嵌入版權資訊之測試圖檔進行捨位破壞(如圖 3-44)，再將捨位後之圖檔進行版權資訊之取回驗證(圖 3-45)。

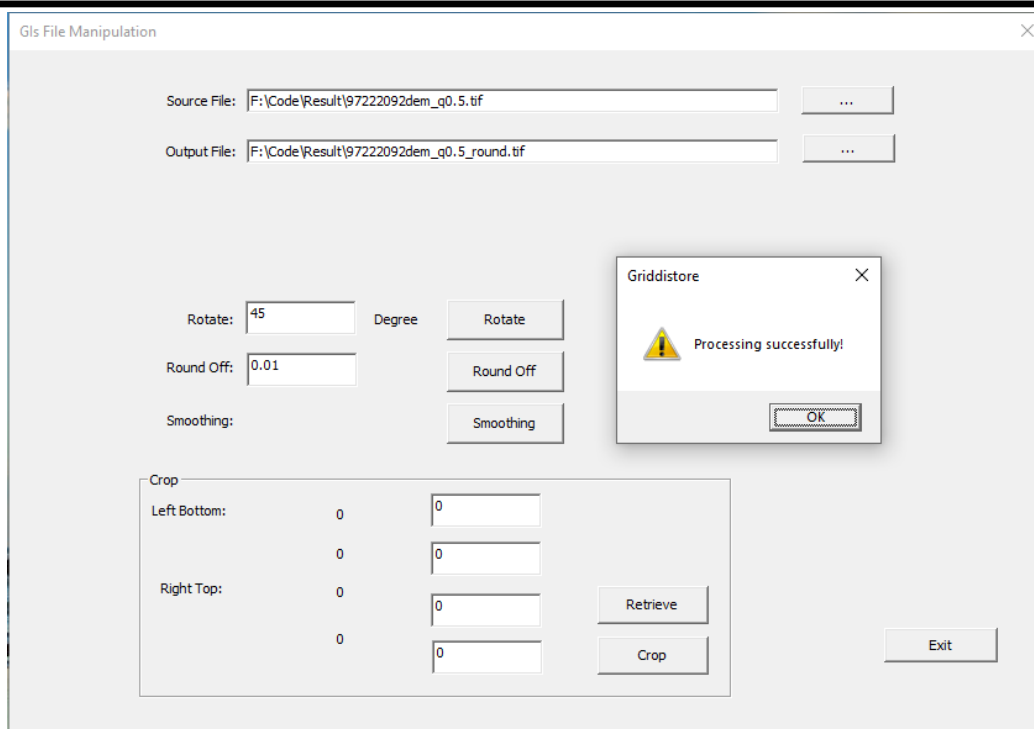


圖 3-44、嵌入版權資訊之測試圖檔 (GeoTiff) 進行捨位的執行畫面

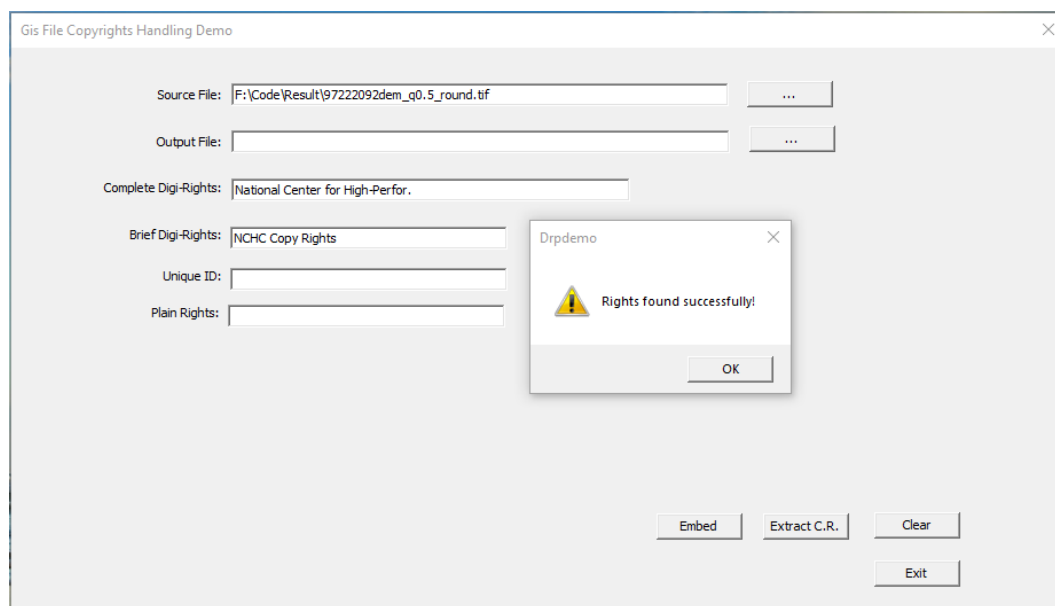


圖 3-45、捨位破壞之測試圖檔 (GeoTiff) 進行版權驗證的執行畫面

- D. **隨機誤差**：將嵌入版權資訊之測試圖檔進行隨機誤差破壞 (如圖 3-46)，隨機誤差方式為圖檔面積的 0.1% 加入高程值 8 公分的亂數。再將隨機誤差後之圖檔進行版權資訊之取回驗證 (圖 3-47)。

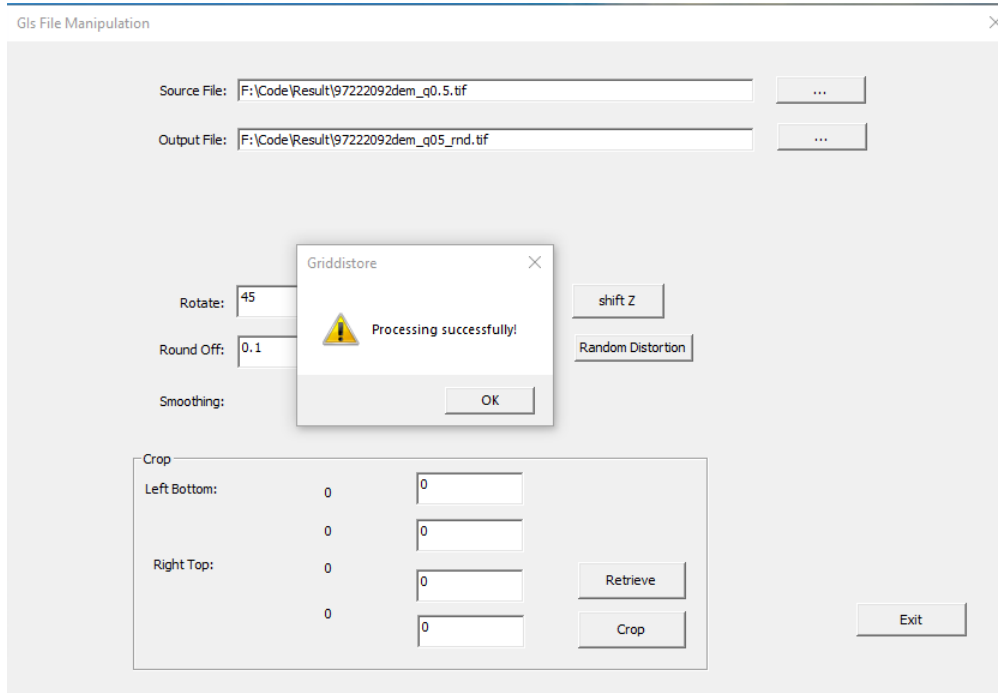


圖 3-46、嵌入版權資訊之測試圖檔 (GeoTiff) 進行隨機誤差的執行畫面

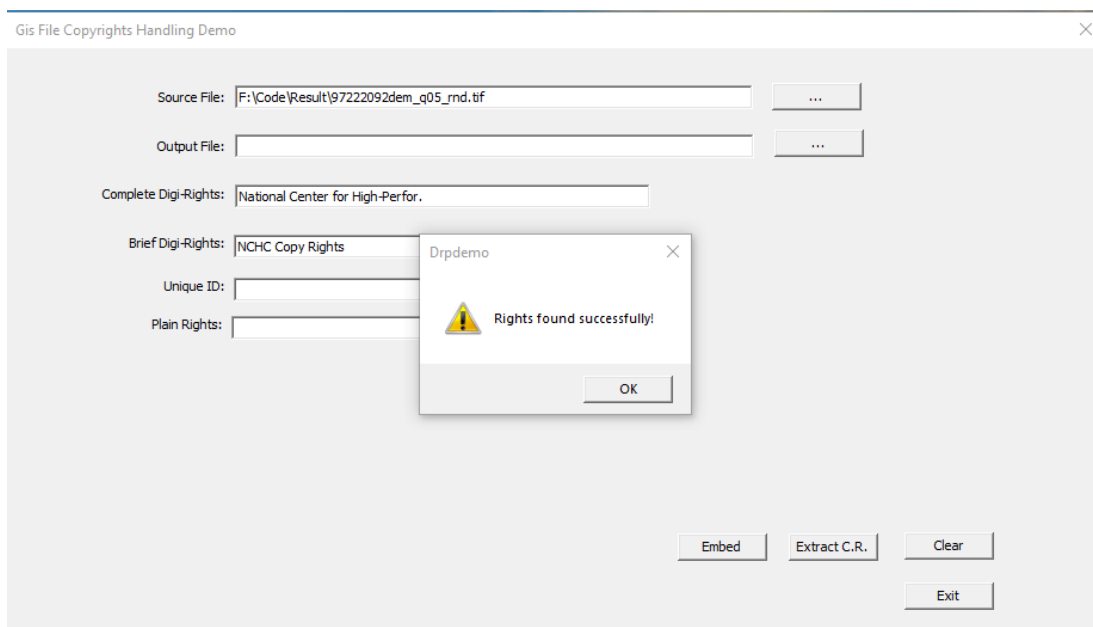


圖 3-47、隨機誤差破壞之測試圖檔 (GeoTiff) 進行版權驗證的執行畫面

- E. **高程平移**：將嵌入版權資訊之測試圖檔進行高程平移破壞 (如圖 3-48)，高程平移方式為高程值加入圖幅高程區間的 0.1%。再將高程平移後之圖檔進行版權資訊之取回驗證 (圖 3-49)。

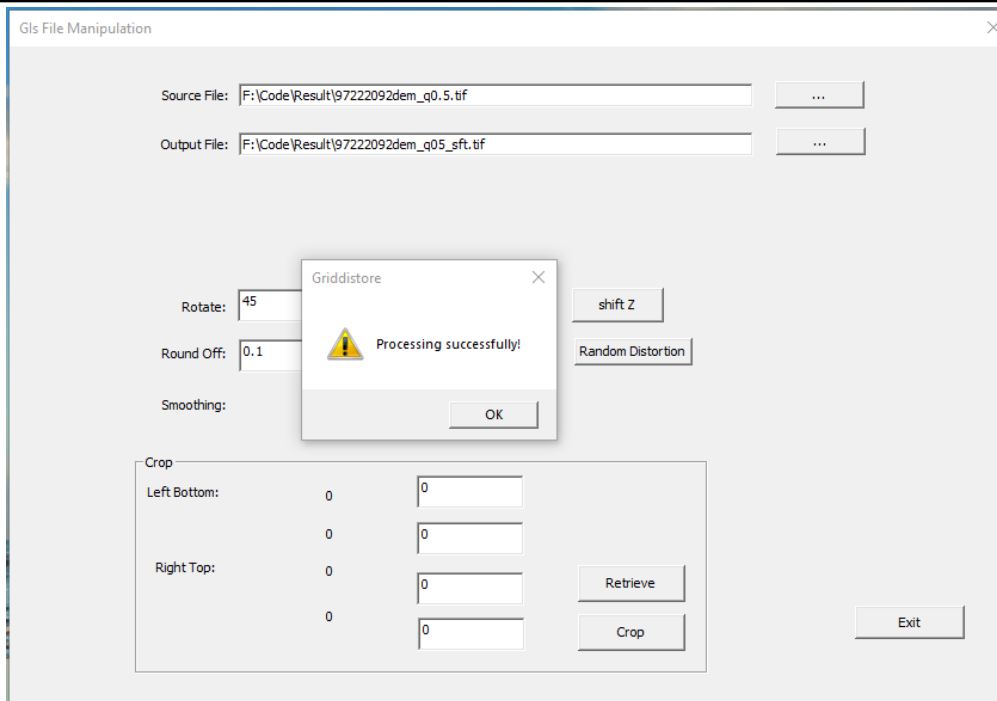


圖 3-48、嵌入版權資訊之測試圖檔 (GeoTiff) 進行高程平移的執行畫面

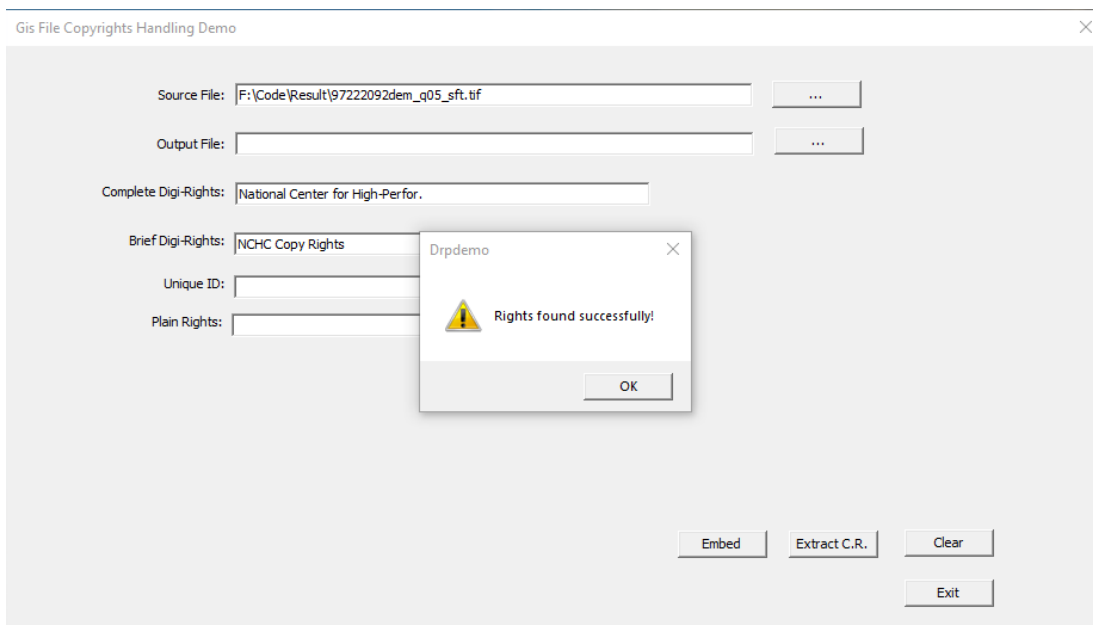


圖 3-49、高程平移破壞之測試圖檔 (GeoTiff) 進行版權驗證的執行畫面

此外測試過程中發現，因 GeoTiff 檔案嵌入資訊是將版權數位資訊嵌入在 DCT 轉換後的係數，例如以係數值的某個位數來表示此資訊是 0 或 1（一般都是以 2 進位表示法），同時由此位數值取出資訊值。但 DCT（或小波轉換）的值無法控制，轉換後係數和原高程數值並沒有線性的對應關係（因為 DCT 是經由 COSINE 計算），所以如果改變高程平移，經由 DCT 轉換後，如果影響到 DCT 係

數中嵌入版權數位資訊的位數數值，就會導致版權資訊無法被正確讀取，因此於表 3-11 中顯示有條件可識別。

3. 車載光達點雲LAS圖資檔案授權資訊隱碼測試

測試的資料為臺南南科測製道路，圖幅編號 TN_6156880600000D.las 之數值地形模型資料，圖幅共包含 312516305 個點，資料點密度約 6712 點/公尺²，資料大小為 8.14GB，資料涵蓋空間坐標為 (1.76244e+07, 2.55593e+08) 到 (1.76632e+07, 2.55605e+08)，坐標系統為 TWD97@2010，路段位置如圖 3-50。

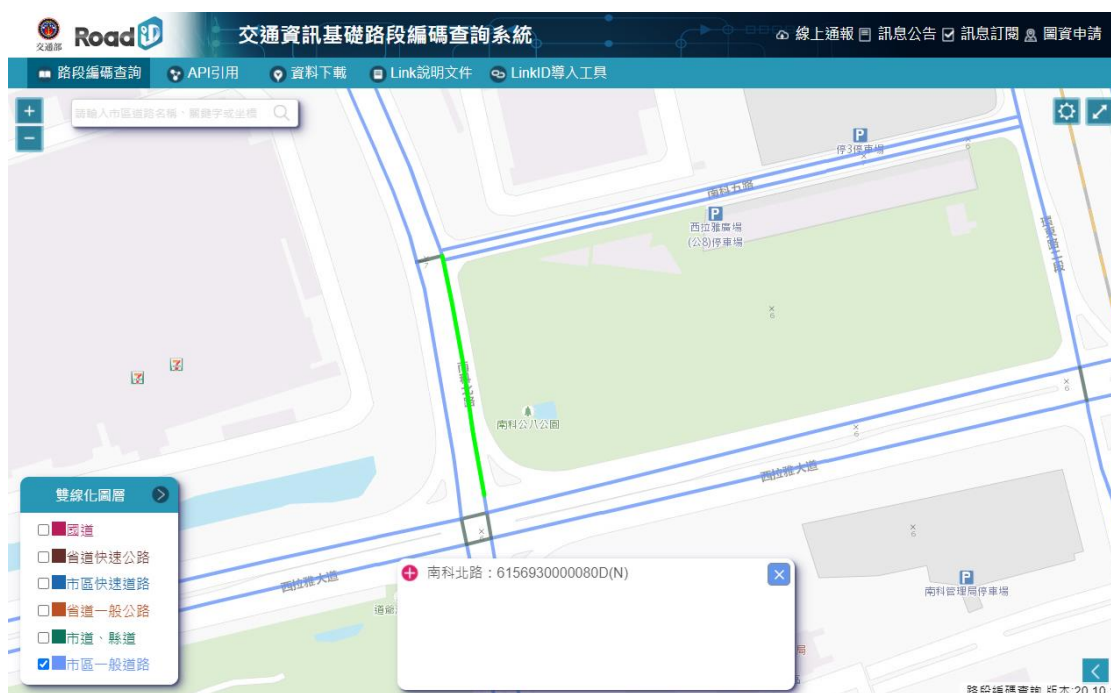


圖 3-50、測試檔案範圍（車載 LAS）

(1) 嵌入/取出版權測試

針對測試圖檔嵌入「NCHC Copy Rights」之版權資訊(圖3-51)，再行測試取回完整版權資訊之驗證(圖3-52)。

版權資訊嵌入時間：370分鐘。

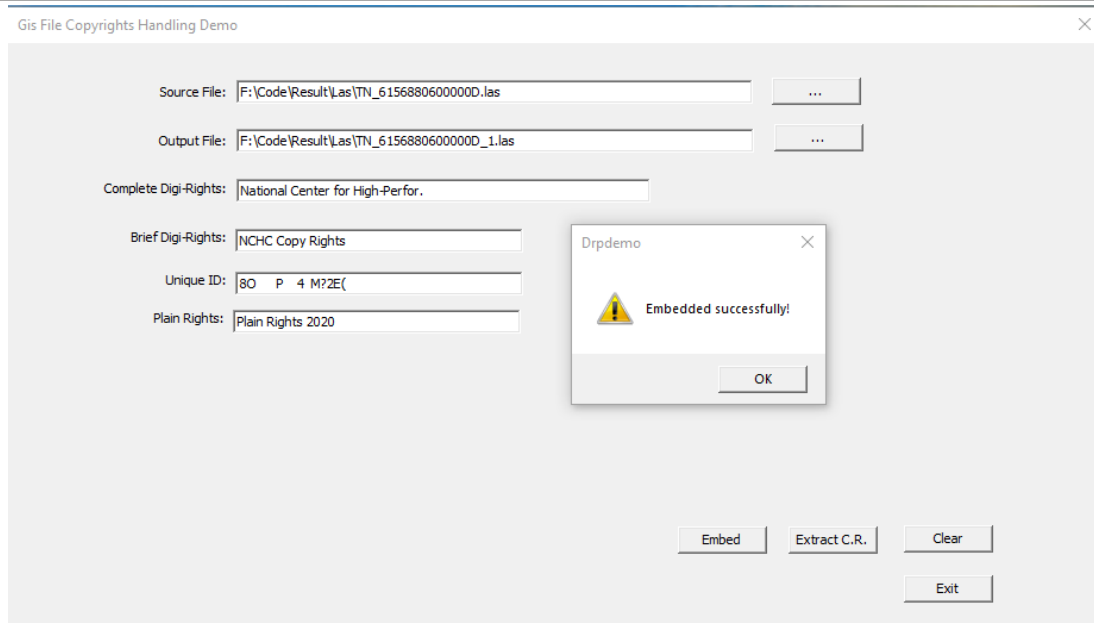


圖 3-51、圖檔（車載 LAS）嵌入版權資訊之測試畫面

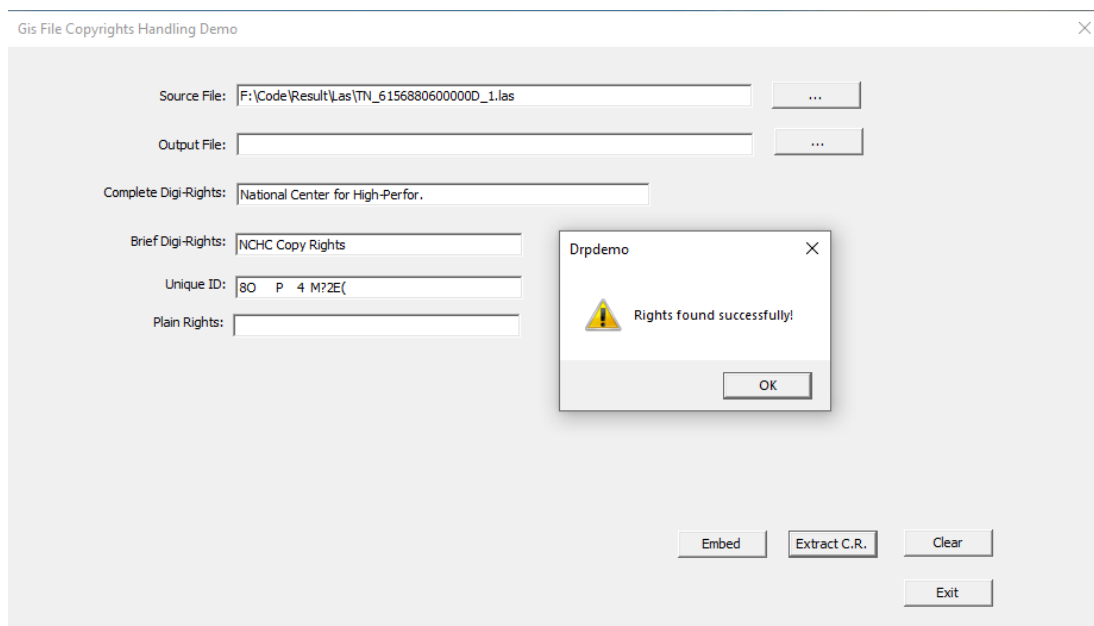


圖 3-52、圖檔（車載 LAS）版權資訊取回驗證畫面

(2) 抗攻擊破壞的強度的測試

利用二種方式對車載LAS資料進行破壞，觀察嵌入的授權資訊對於抗攻擊破壞的強度。

A. 切割：針對(1.76244e+07 2.55593e+08) 到 (1.76632e+07 2.55603e+08)的區域範圍，從已完成版權嵌入之測試檔案中切割出來（圖 3-53），切割比例約為原檔案之 87%，再將切

割圖檔進行版權資訊之取回驗證（圖 3-54）。目前測試最小可抗切割破壞之比例為 55%。

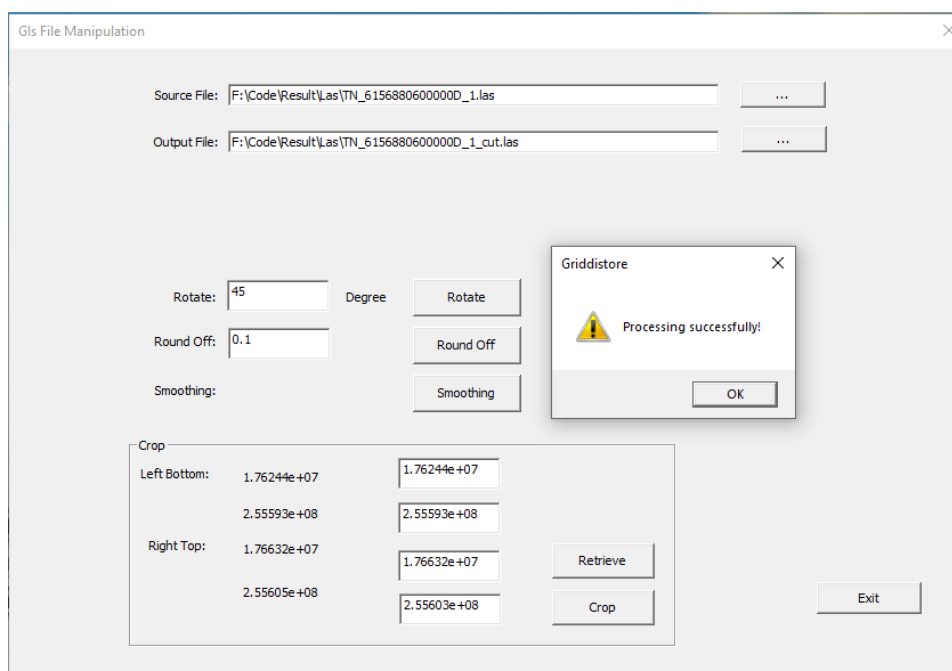


圖 3-53、嵌入版權資訊之測試圖檔（車載 LAS）進行區域切割的執行畫面

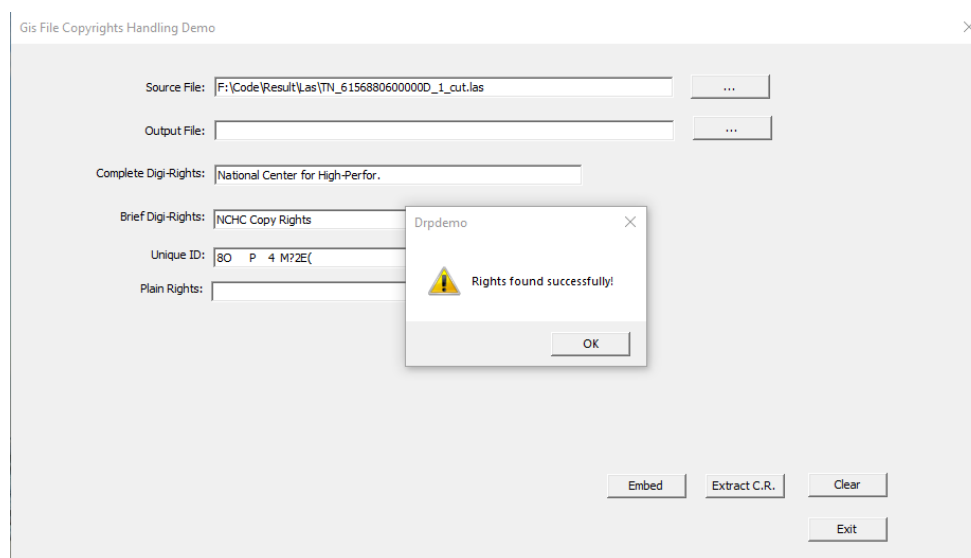


圖 3-54、區域切割之測試圖檔（車載 LAS）進行版權驗證的執行畫面

B. **捨位**：將嵌入版權資訊之測試圖檔進行捨位破壞（如圖 3-55），再將捨位後之圖檔進行版權資訊之取回驗證（圖 3-56）。

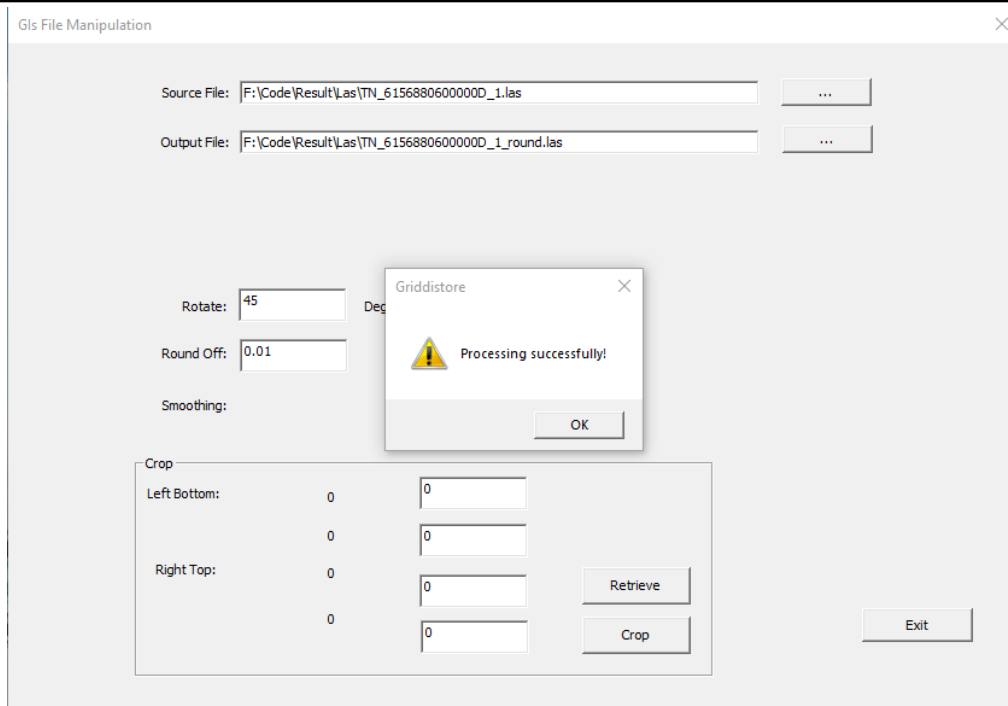


圖 3-55、嵌入版權資訊之測試圖檔（車載 LAS）進行捨位的執行畫面

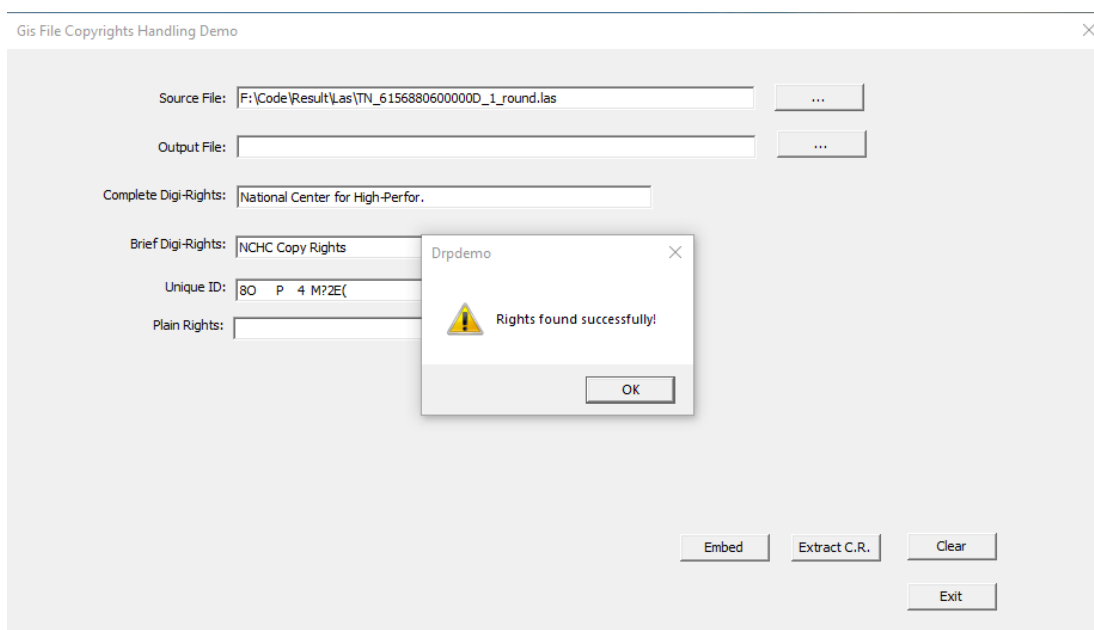


圖 3-56、捨位破壞之測試圖檔（車載 LAS）進行版權驗證的執行畫面

4. 空載光達點雲LAS圖資檔案授權資訊隱碼測試

測試的資料圖幅編號95202091.las之數值地形模型資料，圖幅共包含2365159個點，資料點密度約3.2點/公尺²，資料大小為76MB，資料涵蓋空間坐標為 (226989.139, 2599483.556) 到 (227844.162, 2600333.998) 圖幅位置如圖3-57。

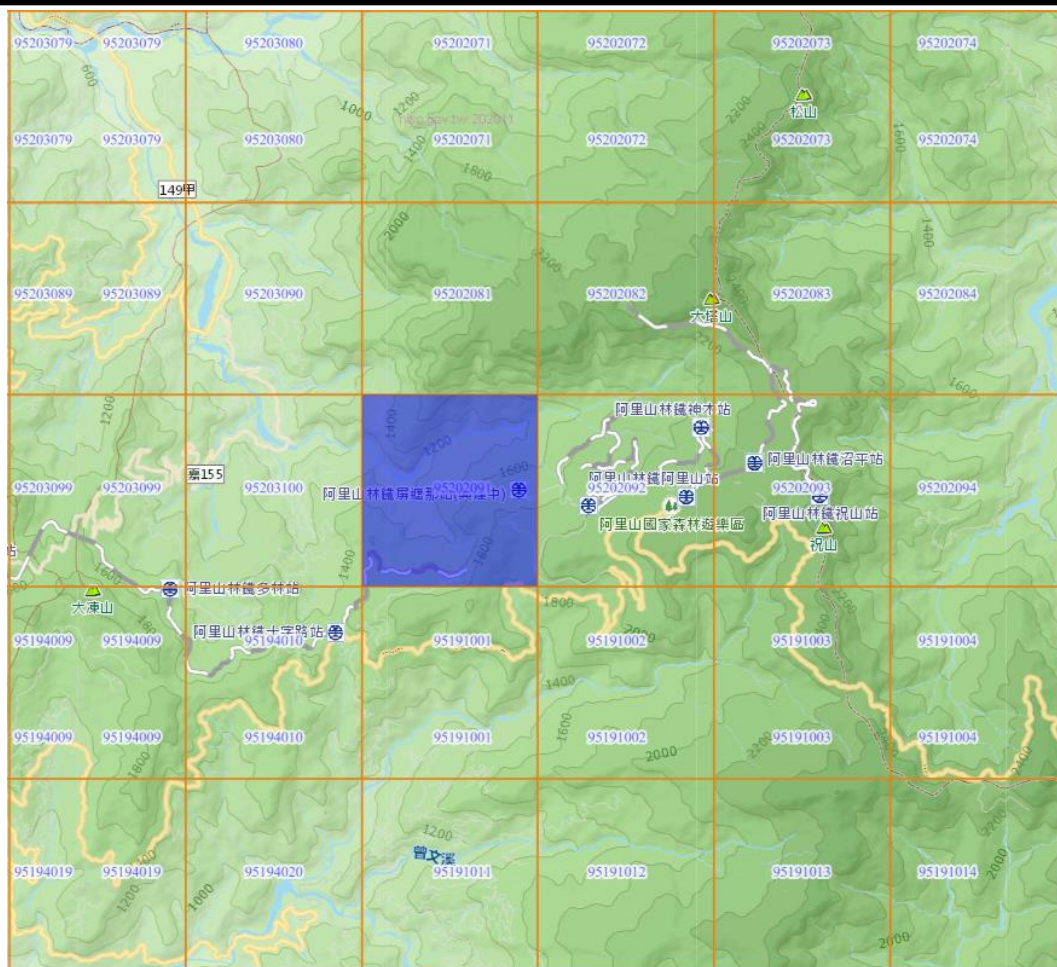


圖 3-57、測試檔案範圍（空載 LAS）

(1) 嵌入/取出版權測試

針對測試圖檔嵌入「NCHC Copy Rights」之版權資訊(圖3-58)，再行測試取回完整版權資訊之驗證(圖3-59)。

版權資訊嵌入時間：36分鐘。

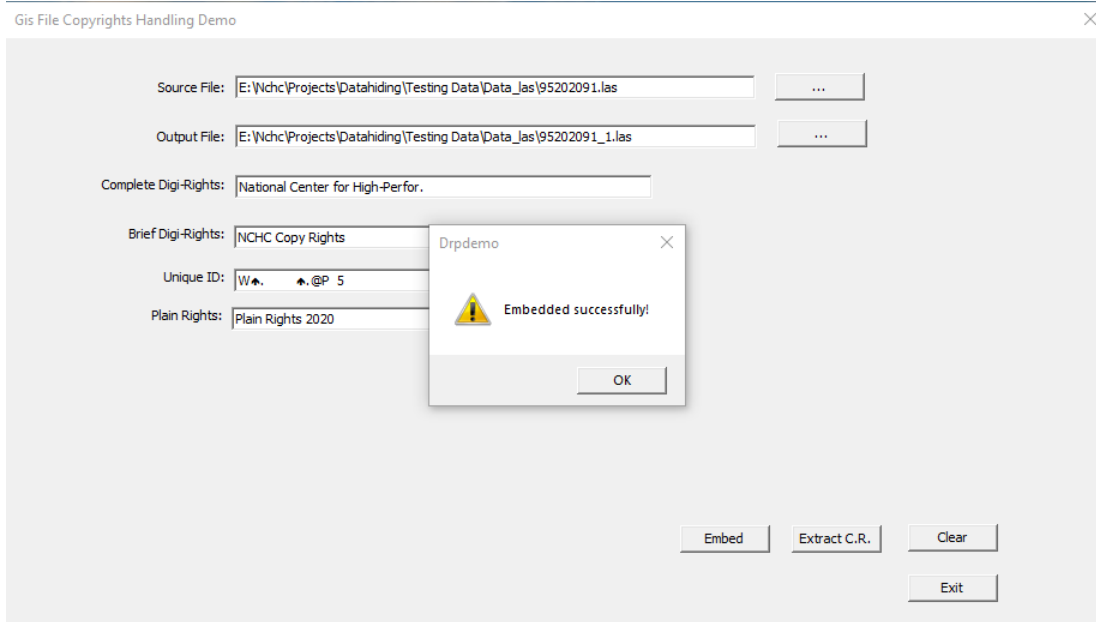


圖 3-58、圖檔（空載 LAS）嵌入版權資訊之測試畫面

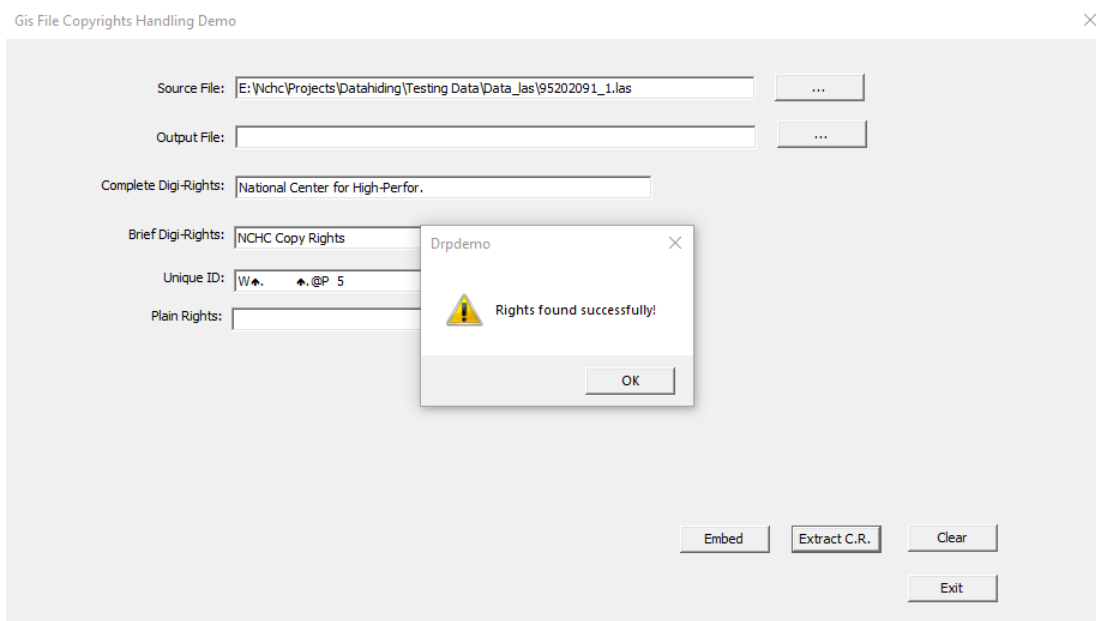


圖 3-59、圖檔（空載 LAS）版權資訊取回驗證畫面

(2) 抗攻擊破壞的強度的測試

利用二種方式對空載LAS資料進行破壞，觀察嵌入的授權資訊對於抗攻擊破壞的強度。

- A. 切割：針對（226990, 2599484）到（227844, 2600333）的區域範圍，從已完成版權嵌入之測試檔案中切割出來（圖3-60），切割比例約為原檔案之98%，再將切割圖檔進行版權資訊之

取回驗證（圖3-61）。

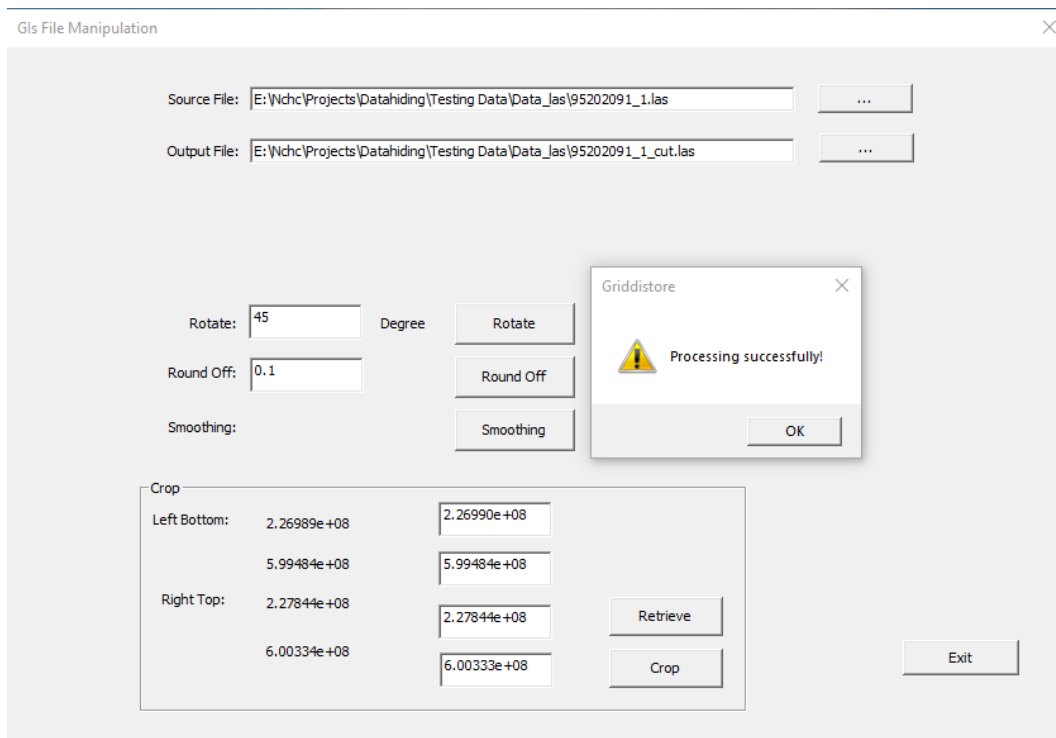


圖 3-60、嵌入版權資訊之測試圖檔（空載 LAS）進行區域切割的執行畫面

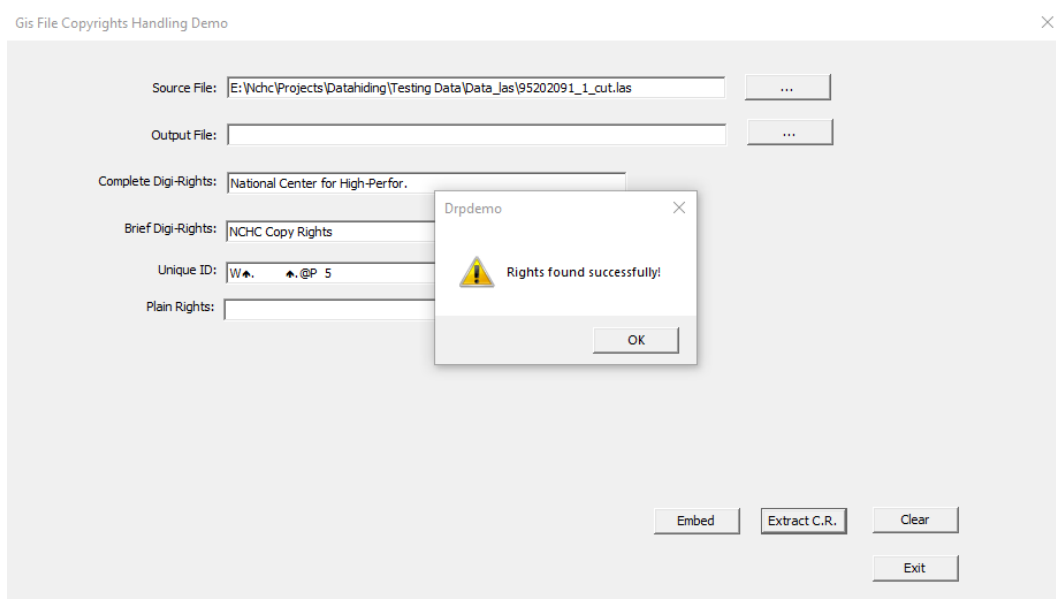


圖 3-61、區域切割之測試圖檔（空載 LAS）進行版權驗證的執行畫面

- B. 捨位：將嵌入版權資訊之測試圖檔進行捨位破壞（如圖3-62），再將捨位後之圖檔進行版權資訊之取回驗證（圖3-63）。

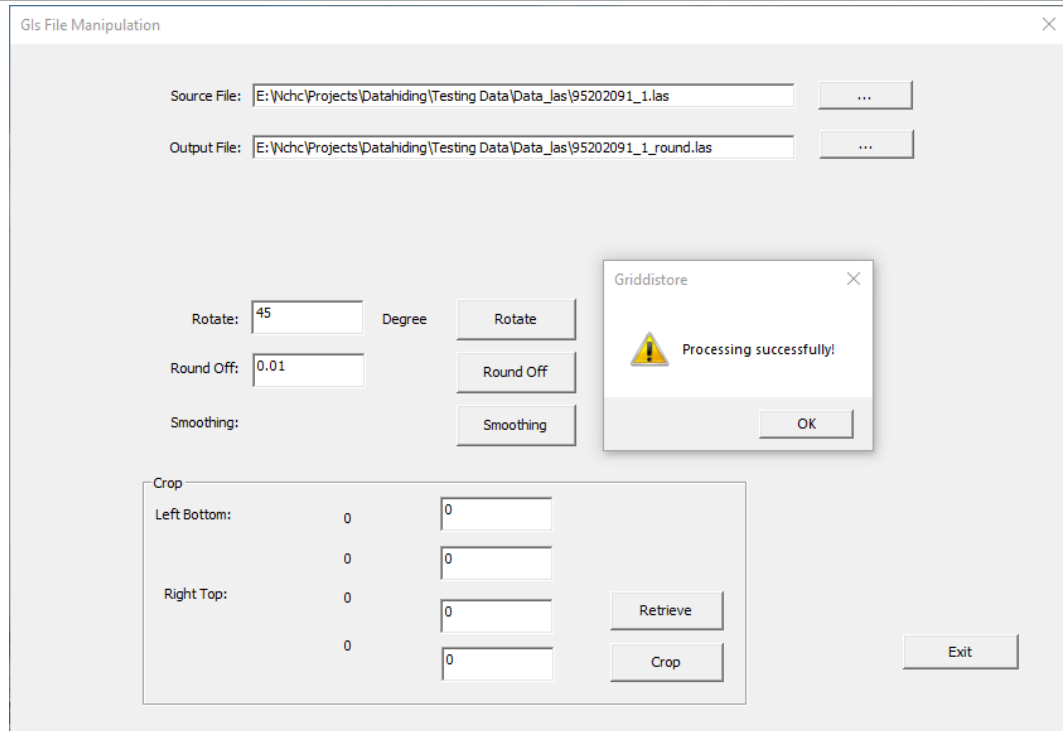


圖 3-62、嵌入版權資訊之測試圖檔（空載 LAS）進行捨位的執行畫面

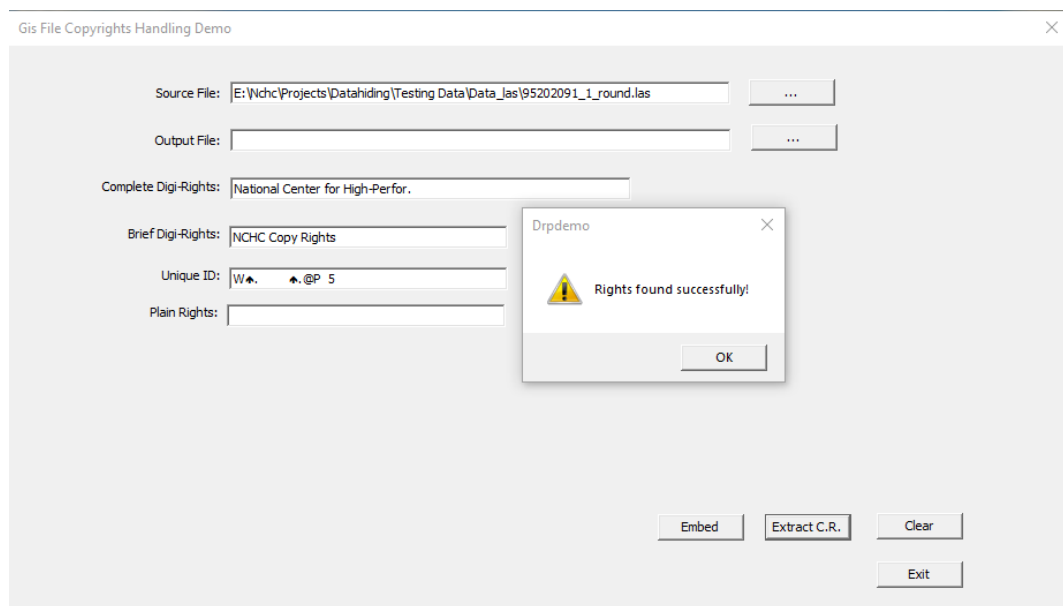


圖 3-63、捨位破壞之測試圖檔（空載 LAS）進行版權驗證的執行畫面

5. HyDEM SHP檔案授權資訊隱碼測試

測試的資料為房屋圖徵，圖幅編號94192051之數值地形模型資料，圖幅共包含6654個點，資料涵蓋空間坐標為(173985, 2.55534e+06)到(176580, 2.55813e+06)，檔案如圖3-64。

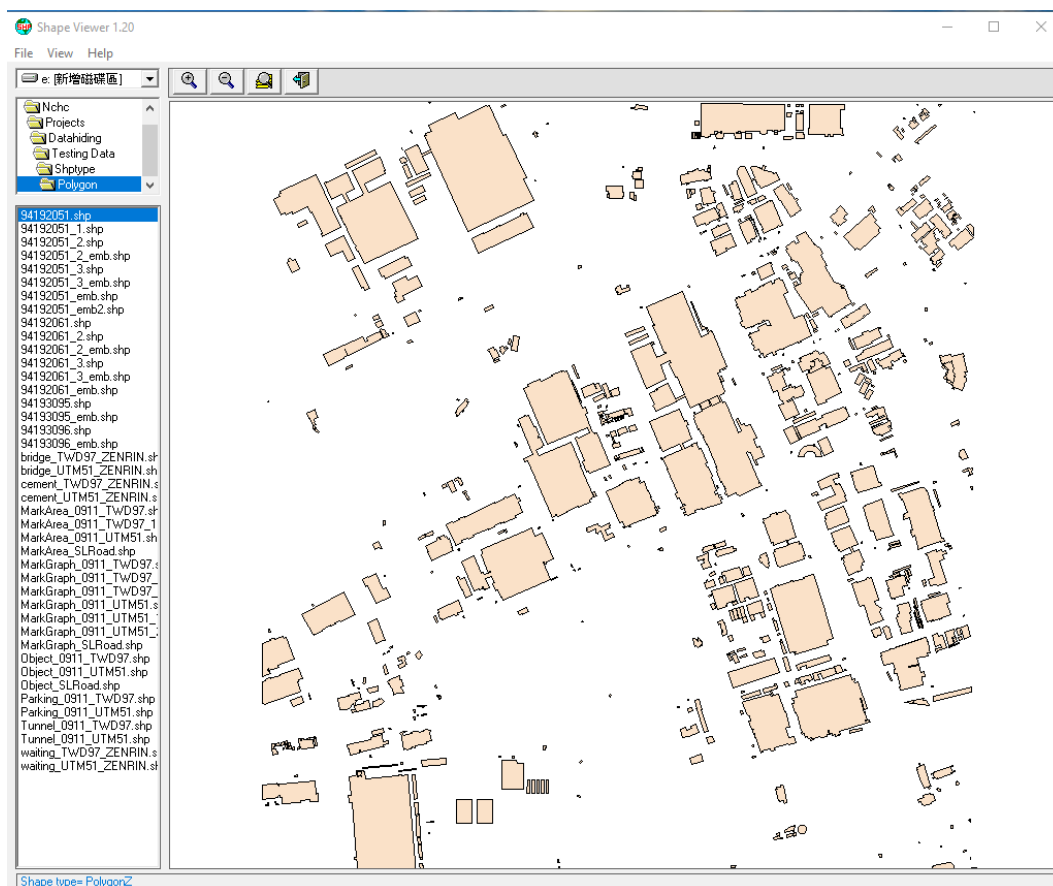


圖 3-64、測試檔案內容 (HyDEM SHP)

(1) 嵌入/取出版權測試

針對測試圖檔嵌入「NCHC Copy Rights」之版權資訊(圖3-65)，再行測試取回完整版權資訊之驗證(圖3-66)。

版權資訊嵌入時間：10分鐘。

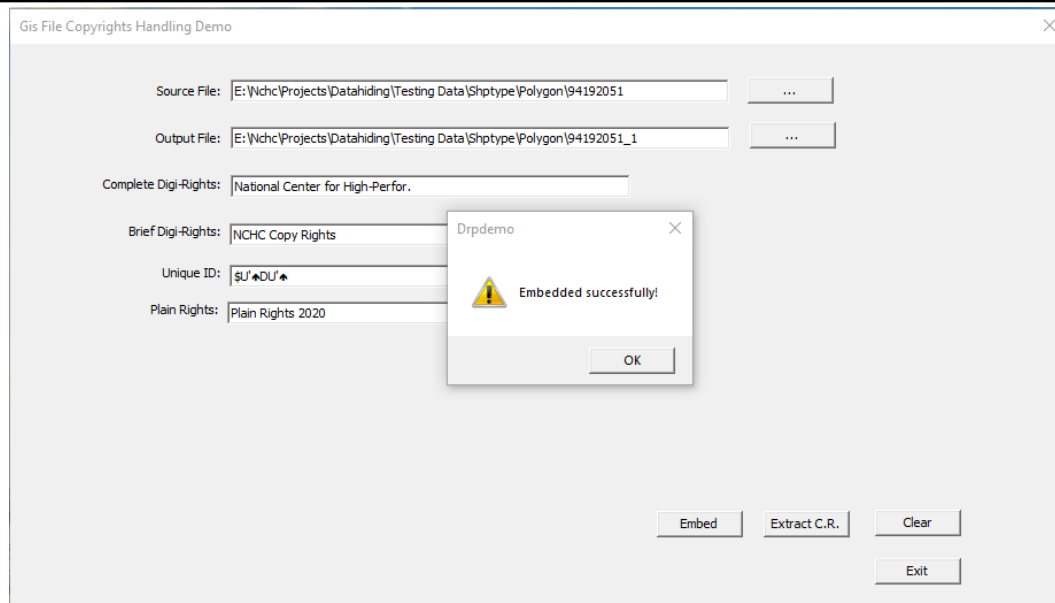


圖 3-65、圖檔 (HyDEM SHP) 嵌入版權資訊之測試畫面

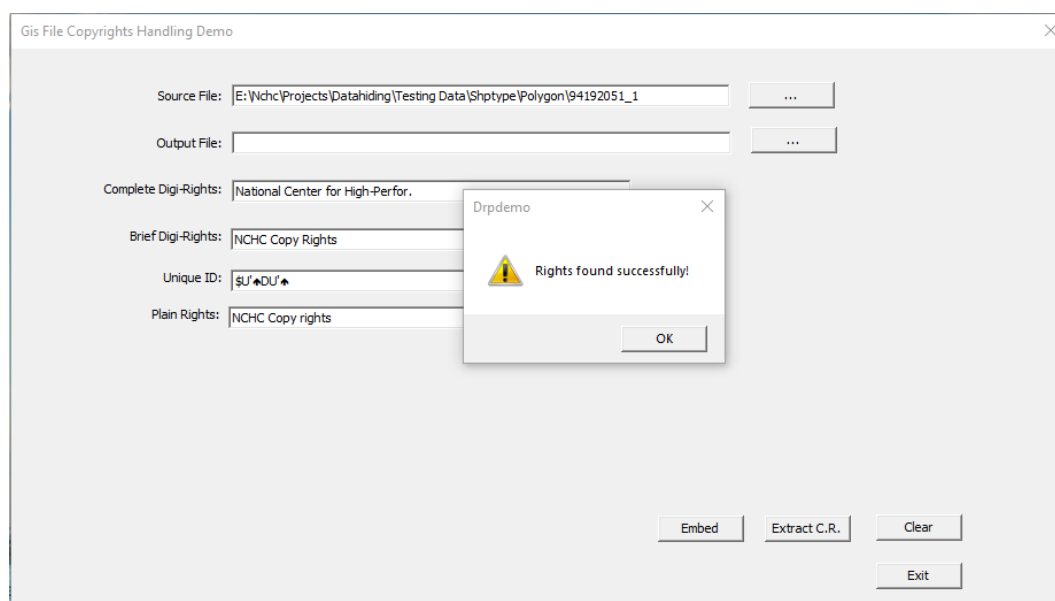


圖 3-66、圖檔 (HyDEM SHP) 版權資訊取回驗證畫面

(2) 抗攻擊破壞的強度的測試

利用兩種方式對HyDEM SHP檔案進行破壞，觀察嵌入的授權資訊對於抗攻擊破壞的強度。

- A. 切割：針對 (173985,2555410.88803196) 到 (176569.5602,2558130.8674) 的區域範圍，從已完成版權嵌入之測試檔案中切割出來 (圖3-67)，切割比例約為原檔案之 75%，再將切割圖檔進行版權資訊之取回驗證 (圖3-68)。

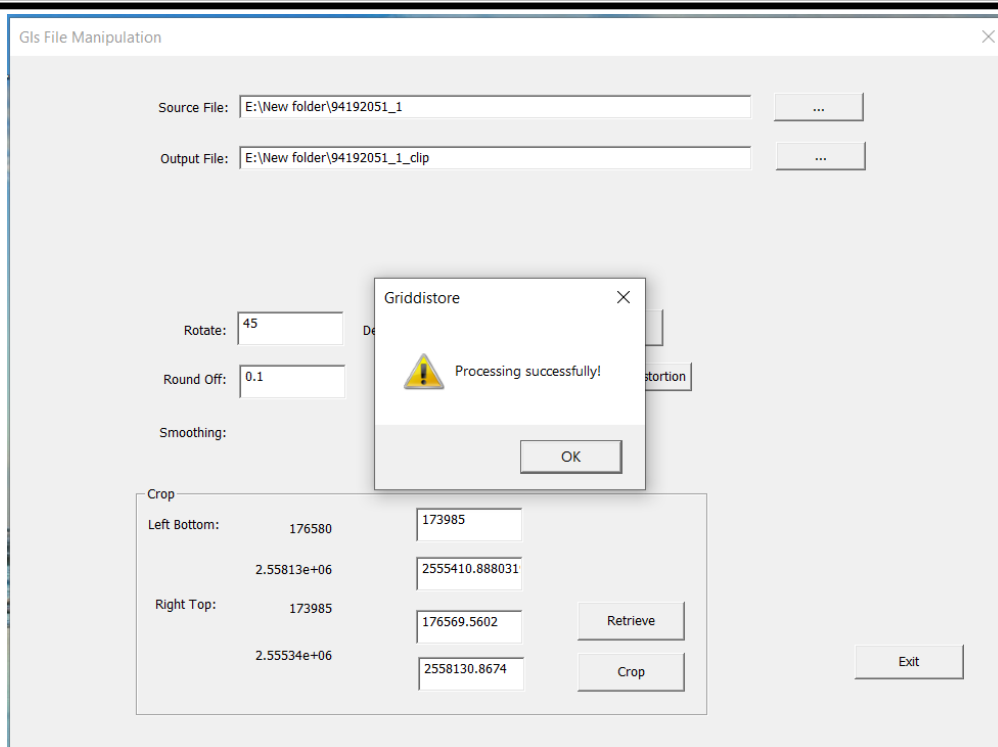


圖 3-67、嵌入版權資訊之測試圖檔 (HyDEM SHP) 進行區域切割的執行畫面

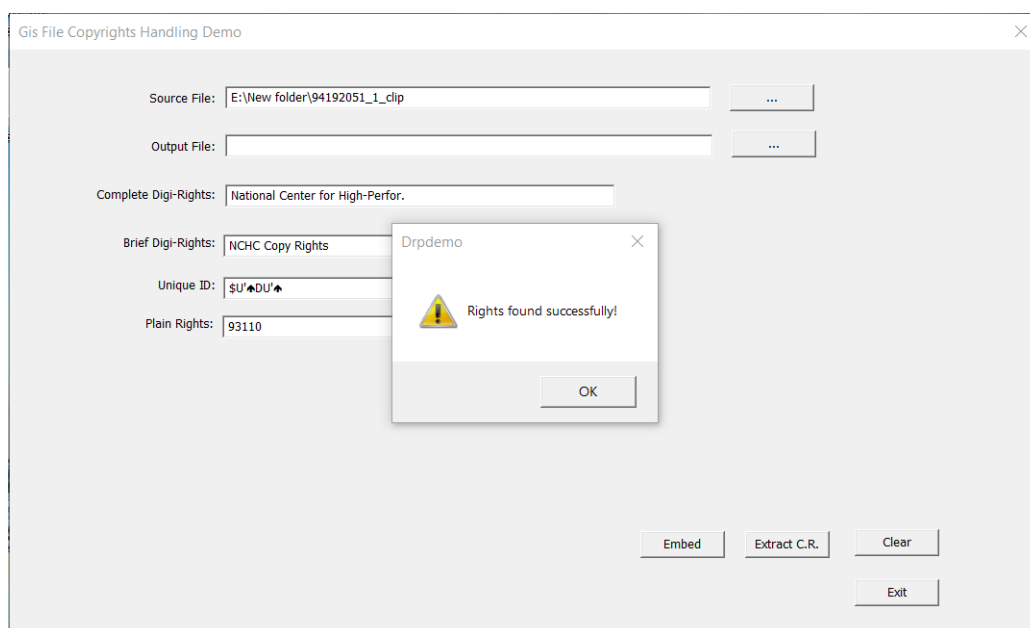


圖 3-68、區域切割之測試圖檔 (HyDEM SHP) 進行版權驗證的執行畫面

B. **旋轉**：將嵌入版權資訊之測試圖檔進行旋轉破壞 (如圖 3-69)，再將旋轉後之圖檔進行版權資訊之取回驗證 (圖 3-70)。

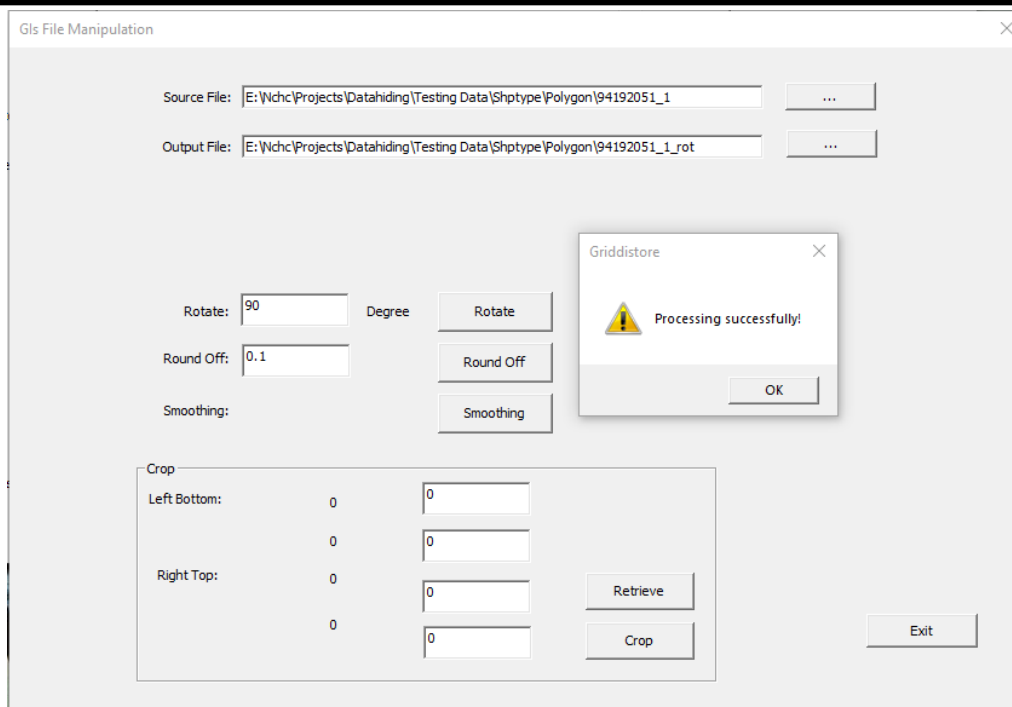


圖 3-69、嵌入版權資訊之測試圖檔 (HyDEM SHP) 進行旋轉的執行畫面

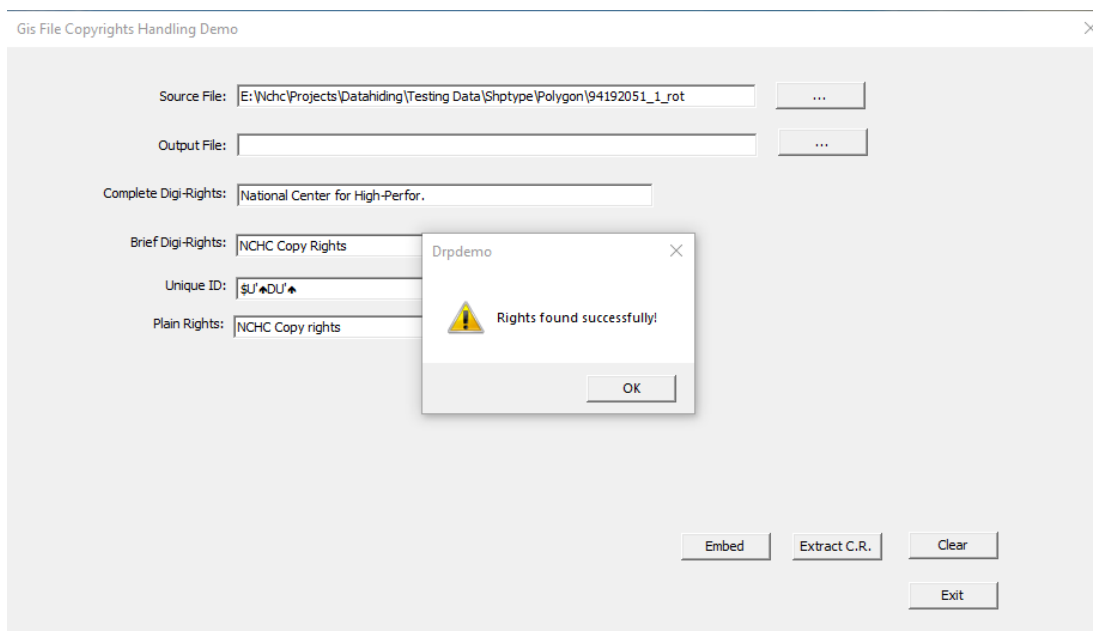


圖 3-70、旋轉破壞之測試圖檔 (HyDEM SHP) 進行版權驗證的執行畫面

6. 高精地圖SHP檔案授權資訊隱碼測試

測試的資料為臺南南科測製道路，檔案名稱為Node之數值地形模型資料，圖幅共包含 5377 個點，資料涵蓋空間坐標為 (176217.165497835,2555338.747488) 到 (179227.064323545,2556550.89813576)，檔案如圖3-71。

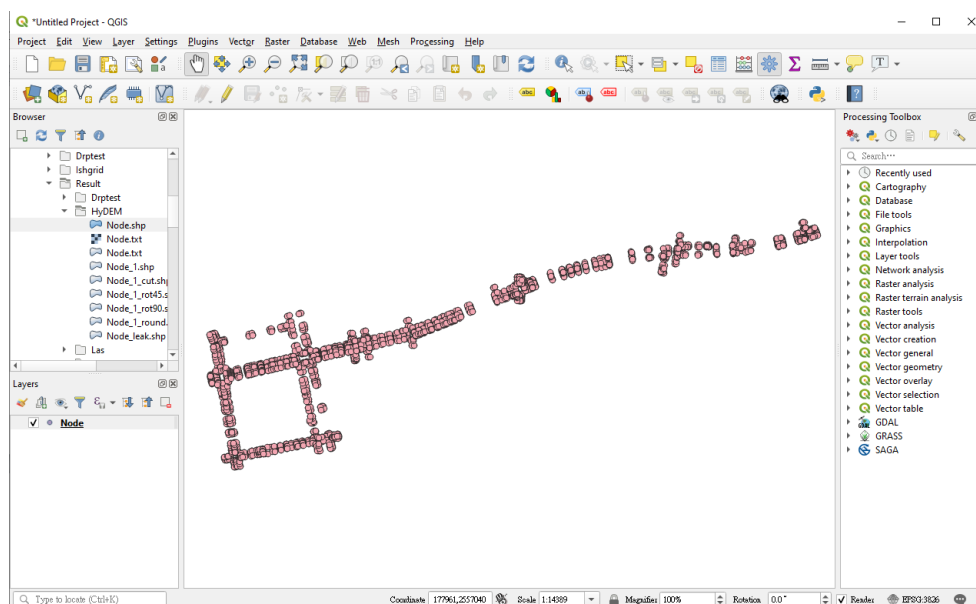


圖 3-71、測試檔案內容 (HD Maps SHP)

(1) 嵌入/取出版權測試

針對測試圖檔嵌入「NCHC Copy Rights」之版權資訊(圖3-72)，再行測試取回完整版權資訊之驗證(圖3-73)。

版權資訊嵌入時間：10分鐘。

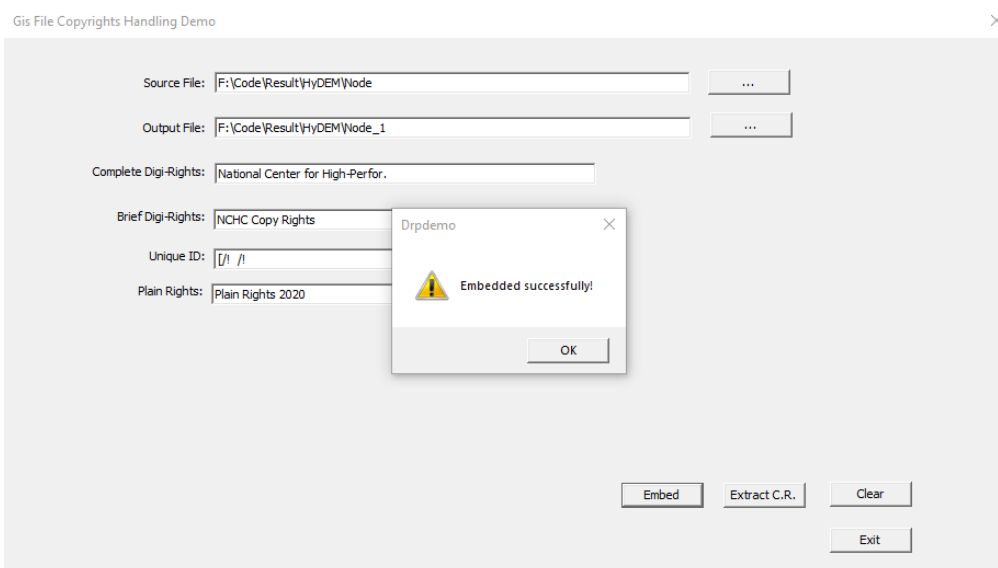


圖 3-72、圖檔 (HD Maps SHP) 嵌入版權資訊之測試畫面

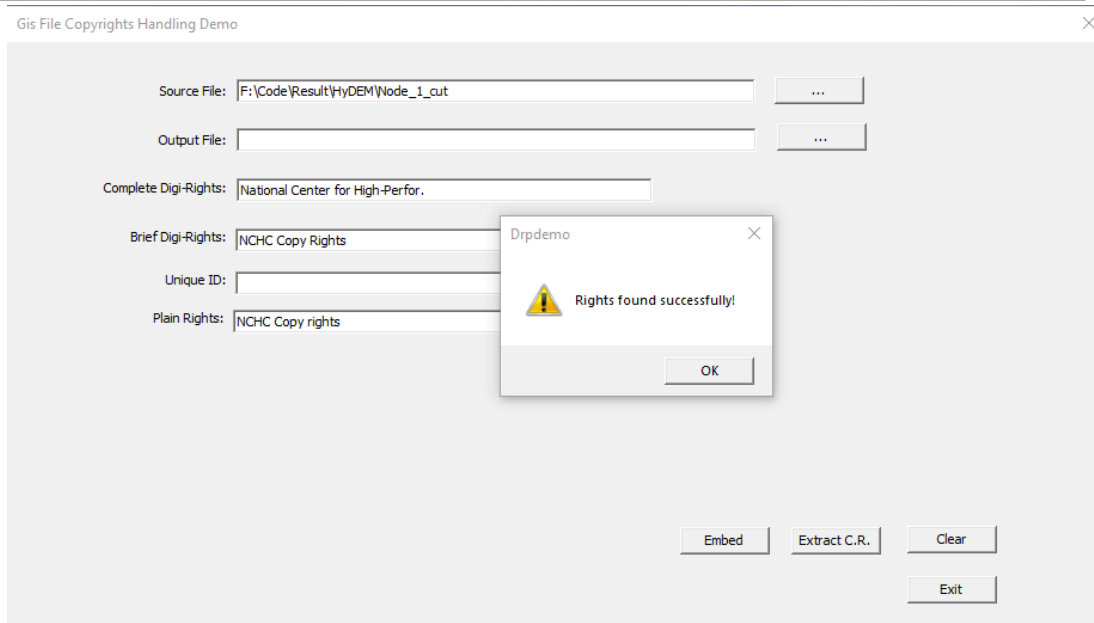


圖 3-73、圖檔（HD Maps SHP）版權資訊取回驗證畫面

(2) 抗攻擊破壞的強度的測試

利用兩種方式對TN/Node圖幅進行破壞，觀察嵌入的授權資訊對於抗攻擊破壞的強度。

兩種破壞方式如下：

- A. **切割**：針對（176218,2555340,25.5430780000002）到（178829.73488,2556485.80234037）的區域範圍，從已完成版權嵌入之測試檔案中切割出來（圖 3-74），切割比例約為原檔案之 92%，再將切割圖檔進行版權資訊之取回驗證（圖 3-75）。

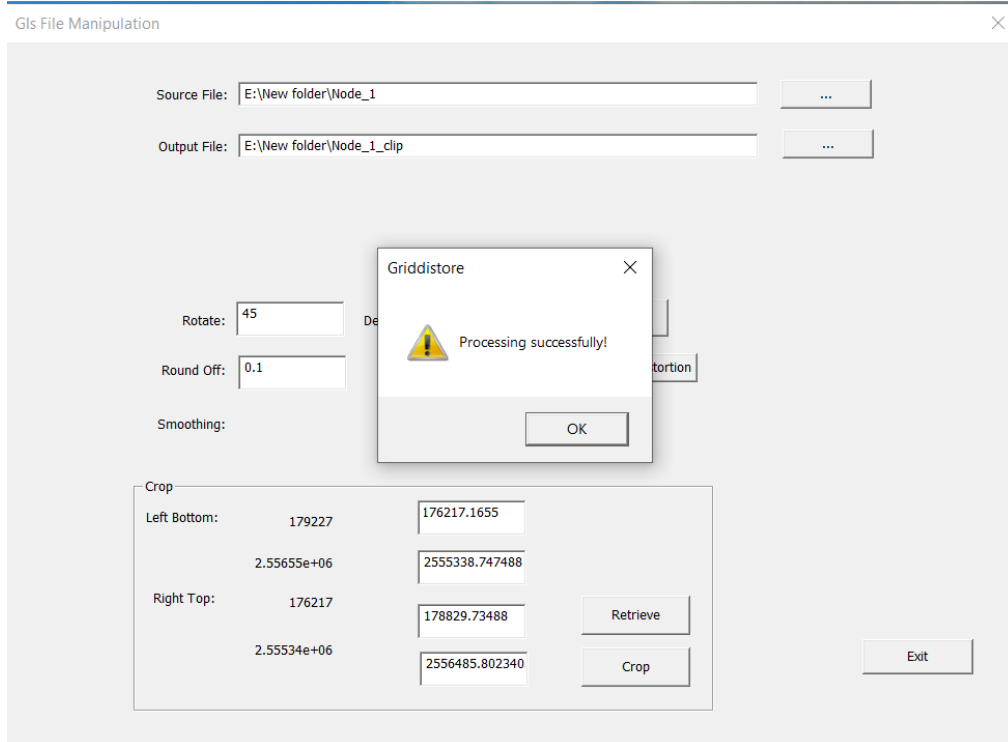


圖 3-74、嵌入版權資訊之測試圖檔（HD Maps SHP）進行區域切割的執行畫面

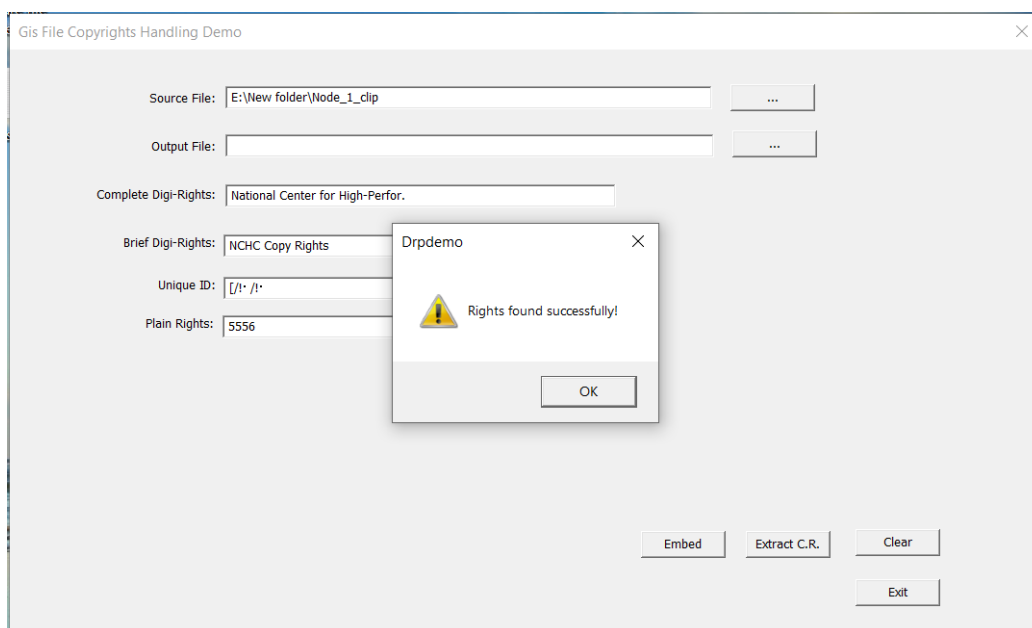


圖 3-75、區域切割之測試圖檔（HD Maps SHP）進行版權驗證的執行畫面

B. 旋轉：將嵌入版權資訊之測試圖檔進行旋轉破壞(如圖 3-76)，再將旋轉後之圖檔進行版權資訊之取回驗證（圖 3-77）。

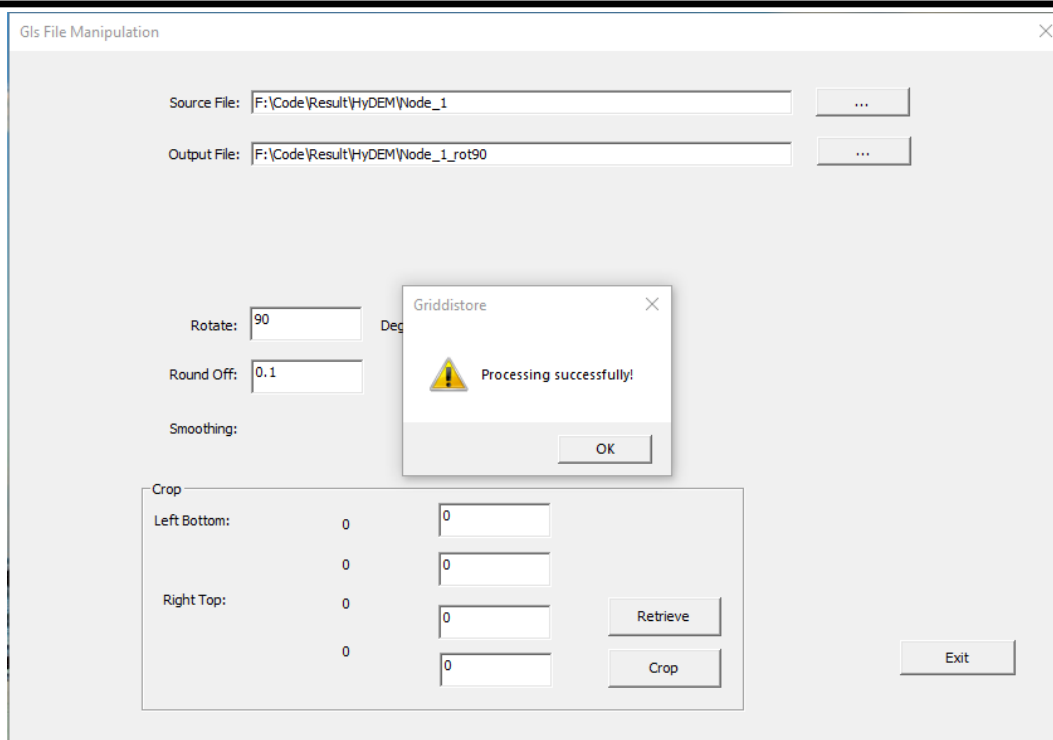


圖 3-76、嵌入版權資訊之測試圖檔（HD Maps SHP）進行旋轉的執行畫面

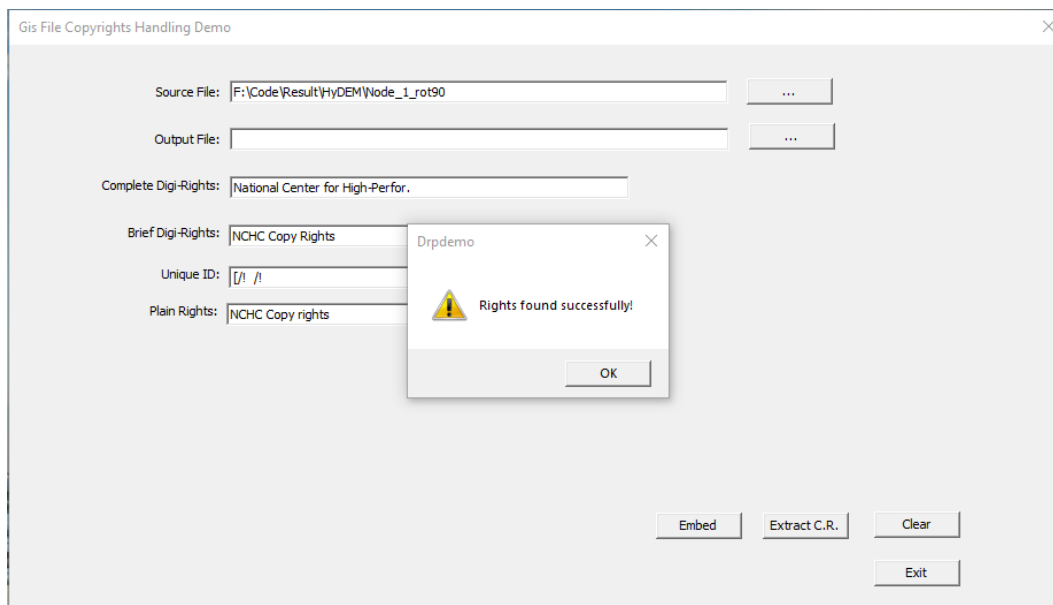


圖 3-77、旋轉破壞之測試圖檔（HD Maps SHP）進行版權驗證的執行畫面

(六) 隱碼圖資與原圖資之誤差分析

由於圖資檔授權資訊隱碼處理是將授權資訊嵌入到圖資圖點數值中，也就是圖資檔所包含的圖資高程數值將會受到改變，本案採取兩種指標來分析隱碼圖資誤差程度：

1. 誤差分析指數

(1) 峰值信噪比 (Peak signal-to-noise ratio, PSNR)

PSNR主要是利用資料中信號的最大值與受改變資料和原始資料間信號的差異(常稱為雜訊)之比值作為評估兩者之間誤差或失真的標準。由於許多信號都有非常寬的動態範圍，峰值信噪比常用對數分貝單位來表示，通常數值越高表示雜訊越少。PSNR定義如下：

$$MSE = \frac{1}{m \cdot n} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} [I(i, j) - K(i, j)]^2$$

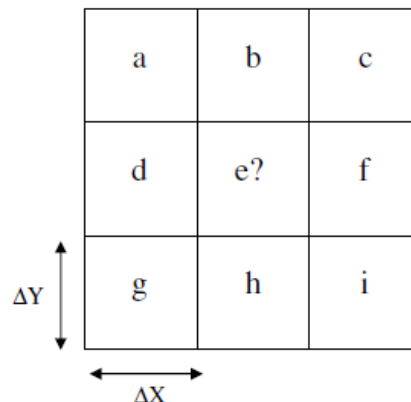
$$PSNR = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{MAX_I^2}{MSE} \right)$$

$$= 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{MAX_I}{\sqrt{MSE}} \right)$$

$$= 20 \cdot \log_{10}(MAX_I) - 10 \cdot \log_{10}(MSE)$$

(2) 斜率(slope)差值

斜率是一種用於描述地表特徵的指標，本案採用鄰近區域平均斜率(average-neighbourhood-slope, 簡稱 ANS)來做為斜率的計算。如下圖，ANS 斜率計算法是以一個 3 x 3 正方形區域來計算中心點e的斜率。



計算公式如下：

$$ANS(e) = \text{Arc tan} \left(\sqrt{\left(\frac{dZ}{dX}\right)^2 + \left(\frac{dZ}{dY}\right)^2} \right)$$

here:

$$\frac{dZ}{dX} = \frac{(Z_c + 2\Delta Z_f + Z_i) - (Z_a + 2\Delta Z_d + Z_g)}{8\Delta x}$$

$$\frac{dZ}{dY} = \frac{(Z_g + 2\Delta Z_h + Z_i) - (Z_a + 2\Delta Z_b + Z_c)}{8\Delta y}$$

2. 不同圖資格式之誤差分析成果

(1) GRD格式圖檔誤差分析

本案利用96221095dem_mountain.grd圖檔進行測試，完成隱碼後與原圖進行比較分析結果如表3-12、圖3-78、圖3-79：

表 3-12、GRD 格式圖檔誤差分析表

高度差值	Max. altitude	1392.14 m
	Max. altitude error	0.25 m
	Average altitude error	0.023431 m
峰值信噪比	PSNR	93.27db
斜率差值	Max. ANS error	0.12 rad
	Average ANS error	0.008 rad

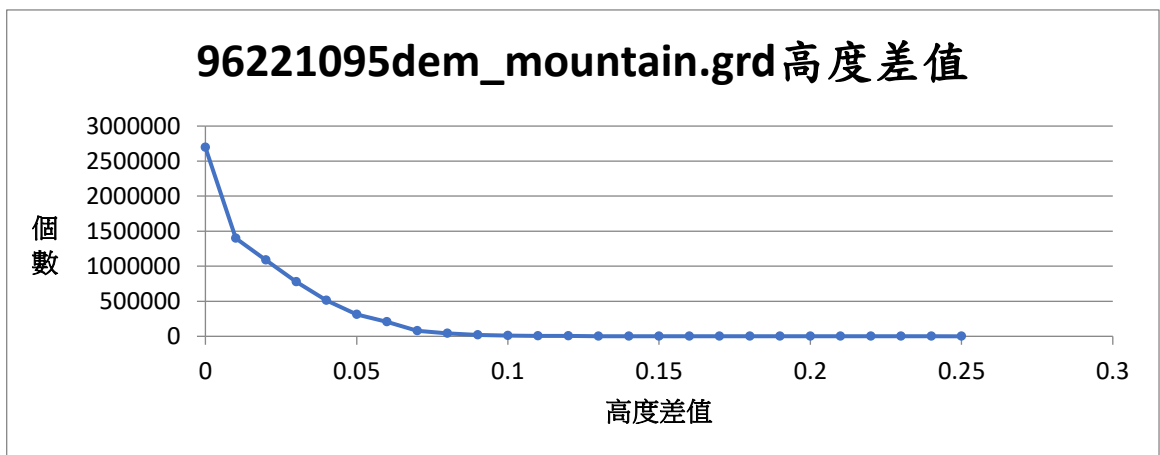


圖 3-78、GRD 格式圖檔隱碼前後之高度差值統計圖

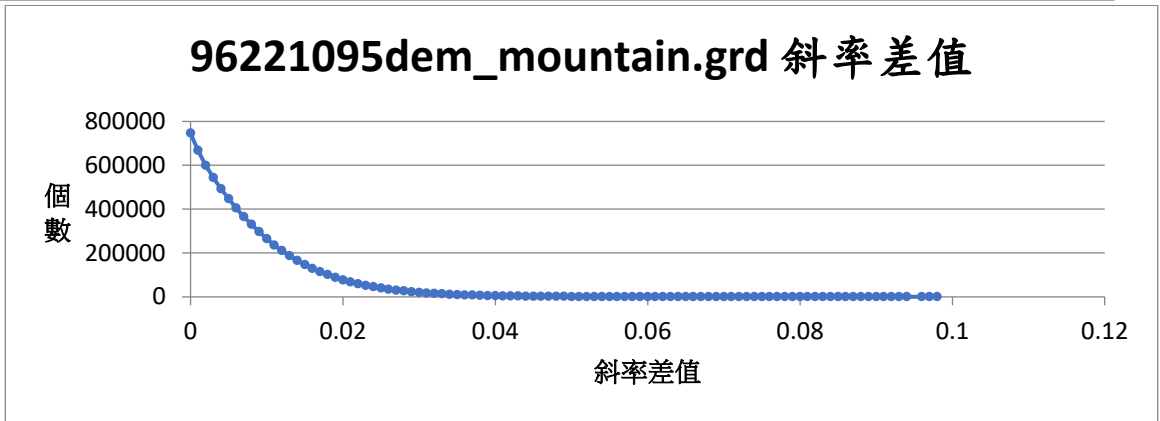


圖 3-79、GRD 格式圖檔隱碼前後之斜率差值統計圖

(2) GeoTiff格式圖檔誤差分析

本案利用97222092dem.tif圖檔進行測試，完成隱碼後與原圖進行比較分析結果如表3-14、圖3-80、圖3-81：

表 3-13、GeoTiff 格式圖檔誤差分析表

高度差值	Max. altitude	1196.93 m
	Max. altitude error	0.33 m
	Average altitude error	0.02 m
峰值信噪比	PSNR	90.10db
斜率差值	Max. ANS error	0.14 rad
	Average ANS error	0.008 rad

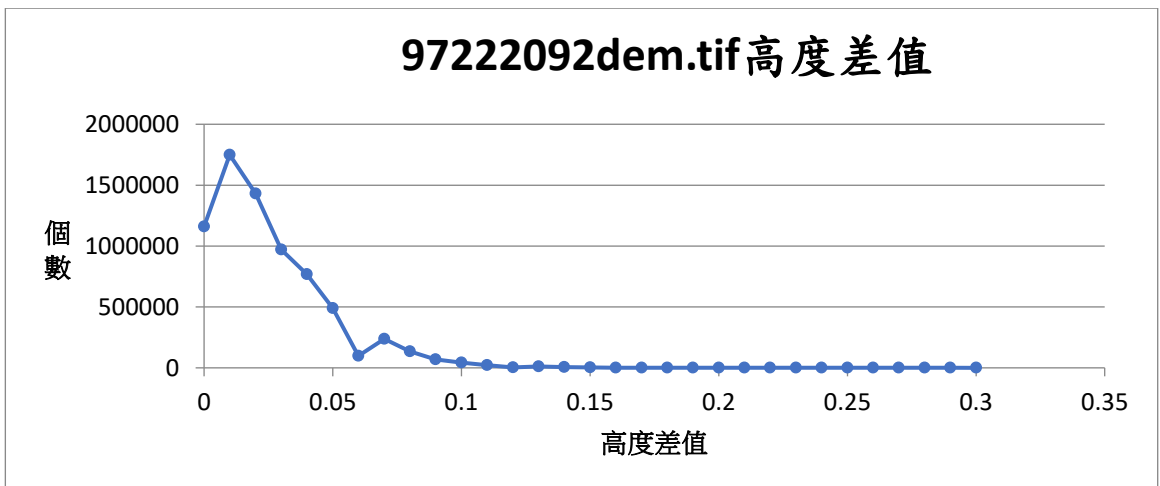


圖 3-80、GeoTiff 格式圖檔隱碼前後之高度差值統計圖

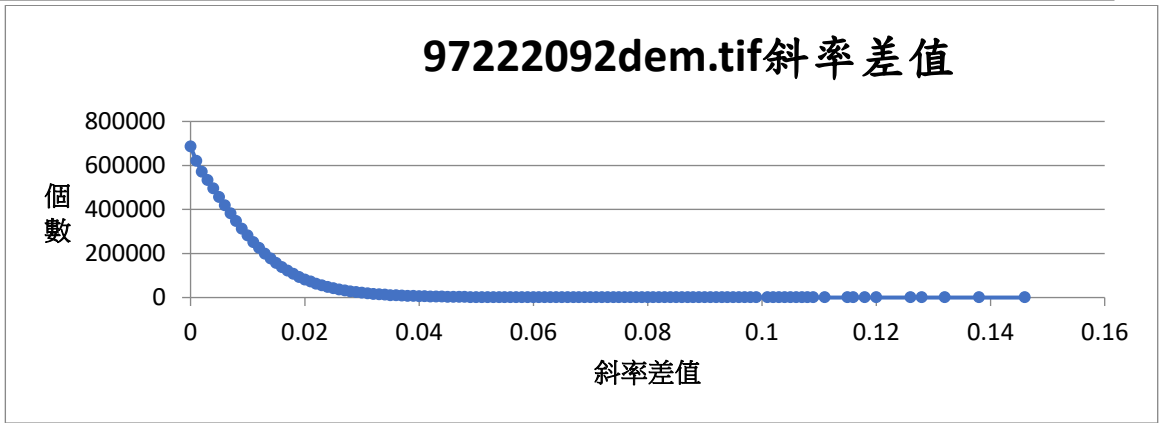


圖 3-81、GeoTiff 格式圖檔隱碼前後之斜率差值統計圖

(3) 車載光達點雲LAS圖檔誤差分析

本案利用臺南南科測製路段之TN_6156880600000D_1.las光達點雲圖資進行測試，因Las格式為空間點資訊的集合，較難以計算其斜率差值，在本案僅先以高度差值及峰值信噪比進行誤差分析，完成隱碼後與原圖進行比較分析結果如表3-14、圖3-82：

表 3-14、車載 LAS 格式圖檔誤差分析表

高度差值	Max. altitude	115.45 m
	Max. altitude error	0.16m
	Average altitude error	0.00385 m
峰值信噪比	PSNR	76.15db

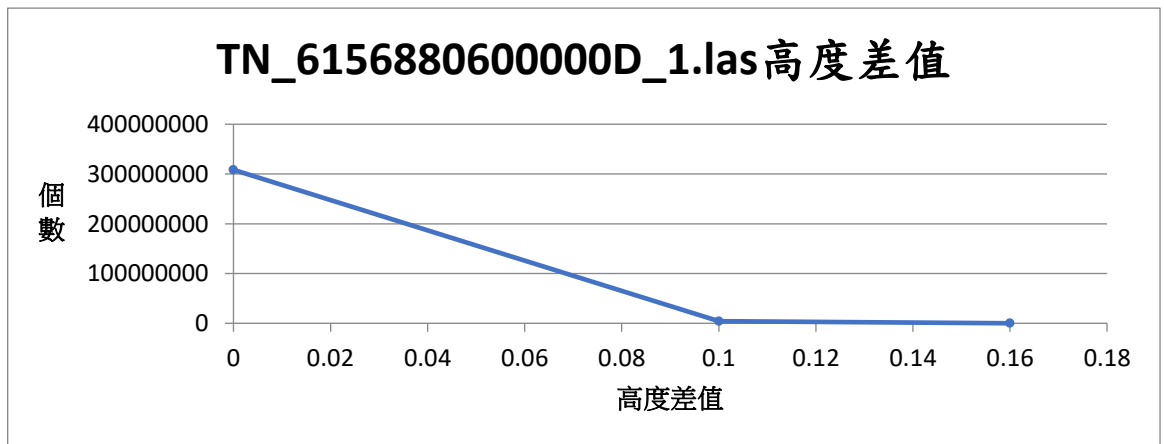


圖 3-82、車載 LAS 格式圖檔隱碼前後之高度差值統計圖

(4) 空載光達點雲LAS格式圖檔誤差分析

本案利用資料圖幅編號95202091.las之光達點雲圖資進行測試，因Las格式為空間點資訊的集合，較難以計算其斜率差值，在本案僅先以高度差值及峰值信噪比進行誤差分析，完成隱碼後與原圖進行比較分析結果如表3-15、圖3-83：

表 3-15、空載 Las 格式圖檔誤差分析表

高度差值	Max. altitude	3429.58 m
	Max. altitude error	157.53 m
	Average altitude error	5.11 m
峰值信噪比	PSNR	54.79db

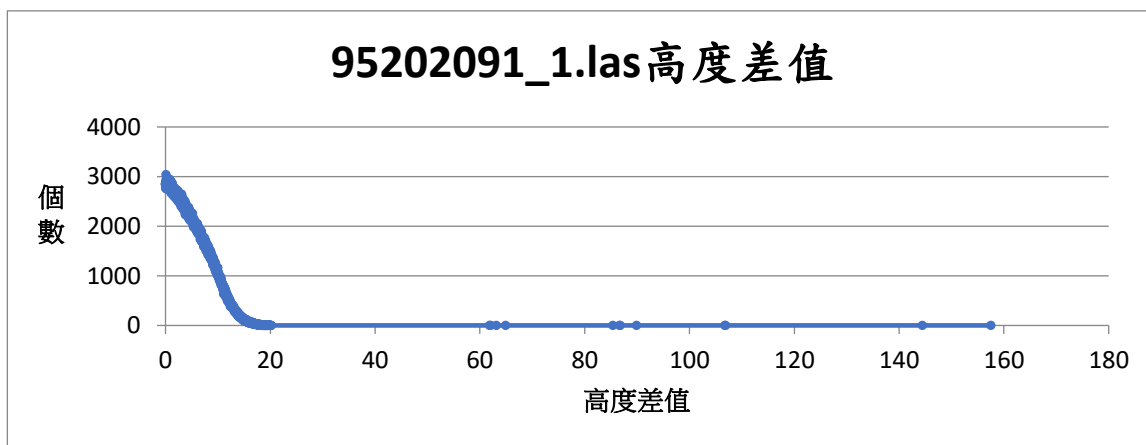


圖 3-83、空載 Las 格式圖檔隱碼前後之高度差值統計圖

(5) HyDEM SHP格式圖檔誤差分析

本案利用房屋圖徵，圖幅編號94192051圖幅之數值地形模型資料進行測試，因Shp格式為空間點資訊的集合，較難以計算其斜率差值，在本案僅先以高度差值及峰值信噪比進行誤差分析，完成隱碼後與原圖進行比較分析結果如表3-16、圖3-84：

表 3-16、HyDEM SHP 格式圖檔誤差分析表

高度差值	Max. altitude	54.41 m
	Max. altitude error	0.01m
	Average altitude error	0.001 m
峰值信噪比	PSNR	84.73db

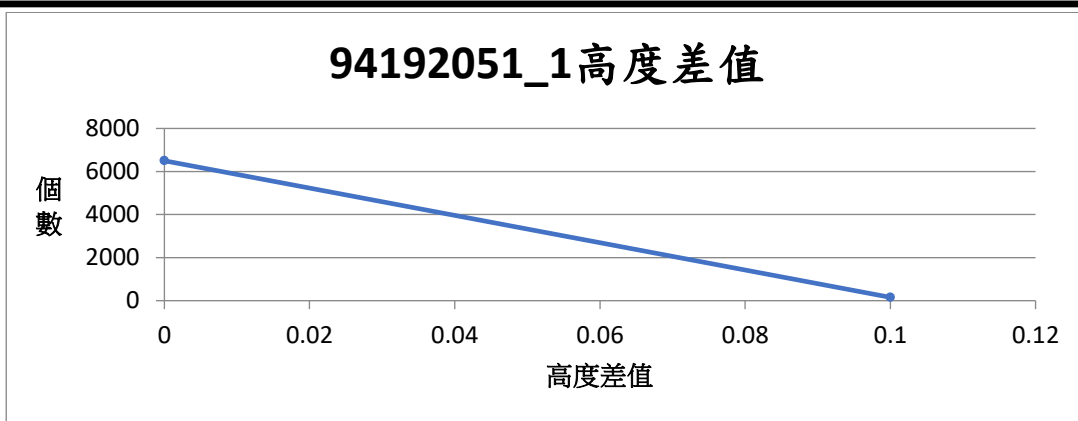


圖 3-84、HyDEM SHP 格式圖檔圖檔隱碼前後之高度差值統計圖

(6) 高精地圖SHP格式圖檔誤差分析

本案利用臺南南科測製道路Node圖幅SHP向量圖資進行測試，因SHP格式為空間點資訊的集合，較難以計算其斜率差值，在本案僅先以高度差值及峰值信噪比進行誤差分析，完成隱碼後與原圖進行比較分析結果如表3-17、圖3-85：

表 3-17、HD Maps SHP 格式圖檔誤差分析表

高度差值	Max. altitude	43.24 m
	Max. altitude error	0.23 m
	Average altitude error	0.018m
峰值信噪比	PSNR	60.17 db

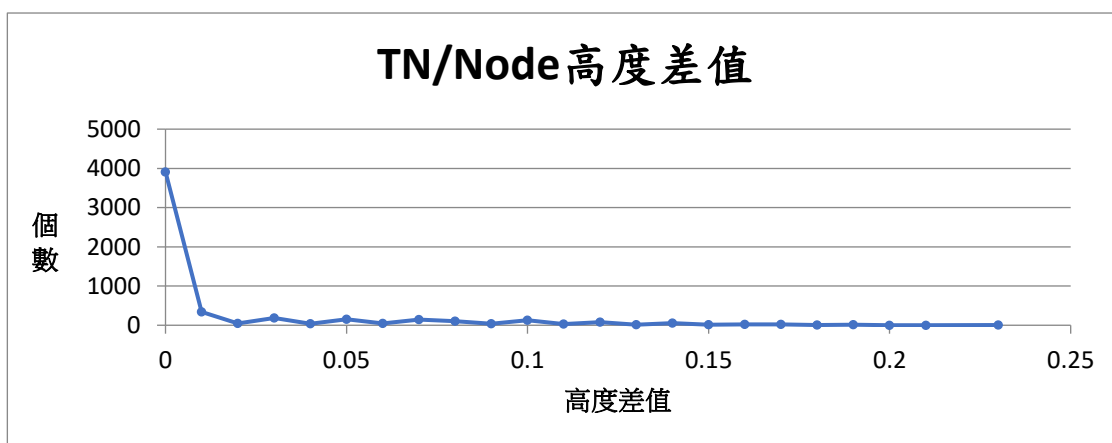


圖 3-85、HD Maps SHP 格式圖檔圖檔隱碼前後之高度差值統計圖

(七) 隱碼圖資數值彙整

今年度完成 DTM (GRD、GeoTiff) 及點雲 (Las) 資料隱碼技術精進，以及向量圖資 (SHP) 隱碼技術開發與抗破壞測試。在所有類型的圖資隱碼技術中，皆加入版權區塊嵌入與容錯機制的設計以加強抗破壞機制，並且以 QUALITY FACTOR 調整 DCT 係數的計算，大幅降低高程之誤差數值，提升峰值信噪比。

在空載 Las 格式的隱碼試作中，一直難有收斂的情形產生。目前研究空載 Las 格式可以成功隱碼，但有高程誤差仍過大以及切割抗破壞比例較高（僅測試至 98%）的情形，尚無法實際運用再空載光達的隱碼作業上。由於空載光達資料特性與地面光達特性不同，建議得把這兩種資料視為不同技術發展，或重新發展一套採用不同於車載光達的演算法技術。

SHP 格式的隱碼試作中，因 SHP 格式視不同檔案內的點、折線或多邊形物件之特徵值與群組的不同，在達到可以成功收斂嵌入版權的條件下，版權嵌入的數量會受影響，若檔案資訊過少而無法嵌入版權，最低隱碼資訊需要 704 個點。而 HD Maps SHP 檔案的抗切割破壞比例，也因受上述限制，目前測試到的比例較高，若檔案內可嵌入的版權數較多則可達到較低的抗切割破壞比例。目前取得之 HD Maps SHP 檔案點數及樣態皆不一致，可依實際供應檔案內容進行進一步調整。

針對本案試作之各項數據結果，彙整表 3-18。

表 3-18、109 年度隱碼圖資數值彙整表

項目	GRD	GeoTiff	車載Las	空載Las	HyDEM SHP	目前	
測試檔案	96221095dem_mount ain.grd	97222092dem.tif	TN_61568 80600000 D.las	95202091.1 as	94192051.s hp	Node.shp	
資料大小	158MB	27.4MB	8.14GB	76MB	7.19KB	462KB	
加密時間	9分鐘	6分鐘	370分鐘	36分鐘	10分鐘	10分鐘	
高程 誤差 分析	Max. altitude	1392.14 m	1196.93 m	115.45 m	3429.58 m	54.41 m	43.24 m
	Max. altitude error	0.25 m	0.33 m	0.16m	157.53 m	0.01m	0.23 m
	Average altitude error	0.023431 m	0.02 m	0.00385 m	5.11 m	0.001 m	0.018m

項目		GRD	GeoTiff	車載Las	空載Las	HyDEM SHP	目前
峰值信噪比	PSNR	93.27db	90.10db	76.15db	54.79db	84.73db	60.17 db
斜率差值	Max. ANS error	0.12 rad	0.14 rad	N/A	N/A	N/A	N/A
	Average ANS error	0.008 rad	0.008 rad	N/A	N/A	N/A	N/A
嵌入/識別		OK	OK	OK	OK	OK	OK
抗破壞測試	捨位	可識別	可識別	可識別	可識別	N/A	N/A
	切割 (切割比例)	可識別 (38%)	可識別 (56%)	可識別 (87%)	可識別 (98%)	可識別 (75%)	可識別 (92%)
	旋轉	可識別	可識別	N/A	N/A	可識別	可識別
	隨機誤差	可識別	可識別	N/A	N/A	N/A	N/A
	高程平移	可識別 (有條件)	可識別 (有條件)	N/A	N/A	N/A	N/A

二、 影像三維建模高速運算資源服務

(一) 正射影像及三維 mesh 模型產製服務

本服務之環境是以國網中心的高速運算資源為基礎，輔以平行運算之設施來加速並完成處理作業，服務流程如圖 3-86 所示，由影像提供者透過 SFTP 遠端傳輸，將含有坐標資訊之連續照片、相機參數及地面控制點等資料傳送至國網中心專人專職處理。



圖 3-86、本團隊影像高速三維建模服務流程

平行運算是指同時使用多種計算資源解決計算問題的方法，用以快速解決大型且複雜的計算問題，包含下列優點：

- 將工作分離成離散部分，有助於同時解決。
- 隨時並且及時地執行多個程式指令。
- 多計算資源下解決問題的耗時要少於單個計算資源下的耗時。

目前本服務所產製 3D mesh 模型之輸出主要格式包含：

- 3MX 格式：適合於 Web 發布。
- 3SM 格式：適合在大型 3D 網格的顯示、分析和編輯。
- OBJ 格式：可攜帶的 3D 格式，支援大多數 CAD 和 3D 軟體。
- DGN 格式：支援一般常用的 CAD 軟體。
- Collada DAE 格式：用於支援交互式 3D 應用軟體。
- FBX 格式：支援 Autodesk 軟體的 3D 交換格式。
- I3S 格式：支援 ArcGIS 軟體的 3D 場景格式。
- Cesium 3D 格式：支援 Cesium 軟體顯示功能。
- KML 格式：支援在 Google Earth 中巨量資料集的即時 3D 顯示功能。
- OSGB 格式：支援 OpenSceneGraph 開源程式庫，具有動態的 LOD 和分頁功能。

本年度配合內政部於空間情報任務小組提供緊急資料處理服務，因應災防緊急應變任務或一般建模需求，提供專案期間至少 5 組正射影像及三維 mesh 建模的高速建模服務，完成服務成果分述如下：

1. 臺中帝國糖廠湖濱生態園區

拍攝單位為內政部國土測繪中心，面積約為 0.78 公里*0.53 公里，影像總張數為 812 張，影像總容量約為 6.84GB，並提供 34 個地面控制點坐標，三維建模時間約為 1 天 6 小時，其成果如圖 3-87 所示。



三維模型



正射影像

圖 3-87、臺中帝國糖廠湖濱生態園區影像產製模型成果

2. 屏東縣高樹鄉

拍攝單位為內政部國土測繪中心，面積約為 1.82 公里*1.49 公里，影像總張數為 4,583 張，影像總容量約為 92.30GB，並提供 34 個地面控制點坐標，三維建模時間約為 3 天 10 小時，其成果如圖 3-88 所示。



三維模型



正射影像

圖 3-88、屏東縣高樹鄉 UAV 影像產製模型成果

3. 苗栗市南區

拍攝單位為內政部國土測繪中心，面積約為 2.06 公里*1.55 公里，影像總張數為 1,607 張，影像總容量約為 47.00GB，並提供 61 個地面控制點坐標，三維建模時間約為 2 天 1 小時，其成果如圖 3-89 所示。



三維模型



正射影像

圖 3-89、苗栗市南區 UAV 影像產製模型成果

4. 苗栗縣西湖鄉

拍攝單位為內政部國土測繪中心，面積約為 2.35 公里*1.49 公里，影像總張數為 987 張，影像總容量約為 32.20GB，並提供 35 個地面控制點坐標，三維建模時間約為 15 小時，其成果如圖 3-90 所示。



三維模型



正射影像

圖 3-90、苗栗縣西湖鄉 UAV 影像產製模型成果

5. 嘉義縣義竹鄉

拍攝單位為內政部國土測繪中心，面積約為 4.05 公里*1.42 公里，影像總張數為 1,112 張，影像總容量約為 28.50GB，並提供 55 個地面控制點坐標，三維建模時間約為 15 小時，其成果如圖 3-91 所示。



三維模型



正射影像

圖 3-91、嘉義縣義竹鄉 UAV 影像產製模型成果

(二) 影像及模型資料倉儲環境

於計畫執行期間，依循 DTM 資料倉儲的作業方式，提供 10TB 之影像及模型資料儲存空間的倉儲環境服務，用以執行今年度專案所需之儲存倉儲。

三、 三維地理空間資料與影像圖資整合展示工具維運

(一) 提供 Web 版所需作業環境與維護

內政部已於 107 年度之專案由國網中心及藏識科技合作完成「三維地理空間資訊與影像圖資整合展示工具」Web 版（以下簡稱「本展示工具」）之開發，功能架構如圖 3-92。

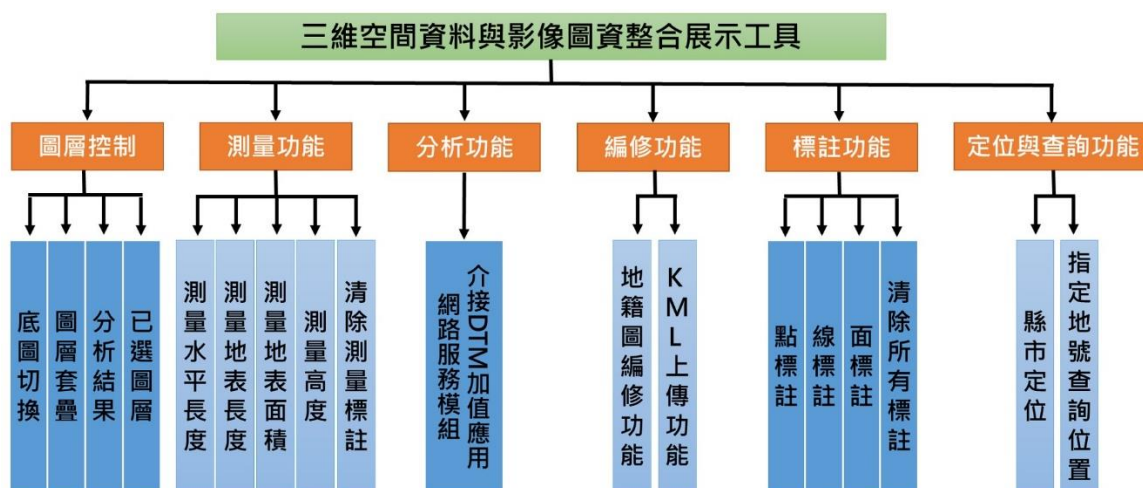


圖 3-92、展示工具功能架構

本年度專案工作持續由原開發團隊合作，提供本展示工具作業環境及系統維運服務，配合三維地籍建物產權模型匯入功能開發，優化展示工具之畫面呈現，並進行系統地圖伺服器版本更新。此外，因應本年度工作項目額外增加功能介面，並進行大幅度的版面更新設計，以便後續擴充需求，提升系統使用體驗。如圖 3-93 所示，系統功能選單仍保持於系統右下角，標籤排列從一列式設計改為上下兩列堆疊，標籤內容由左到右從上到下依序為：圖層控制、測量功能、分析功能、編修功能、標註功能以及定位與查詢功能。各功能子項以頁籤方式呈現於介面上方（圖 3-93 紅框處）。

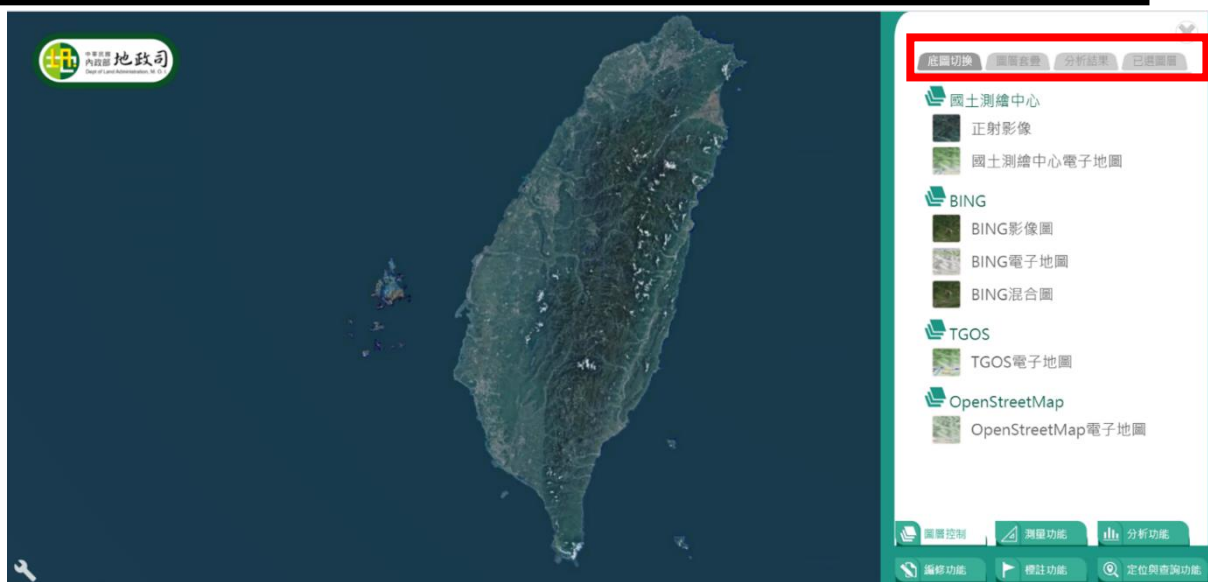


圖 3-93 新版系統介面成果圖

此外，因應陸續增加多種類型圖資模型之測試展示，為便於使用者快速找到相關資料，進行圖資分類管理，細分為 2D 圖資、3D 點雲模型、3D 傾斜攝影模型、3D 建物精緻模型及 3D 地籍建物產權模型等五大圖層，如圖 3-94 紅框處。

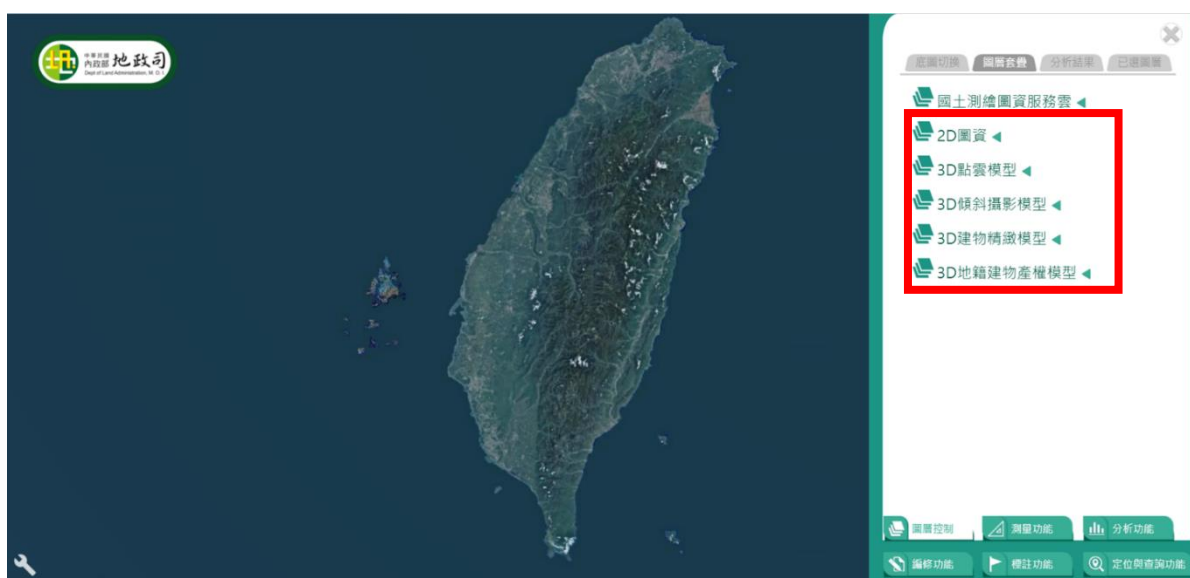


圖 3-94、機關提供測試圖資依類型圖層分類成果圖

(二) 三維地籍建物模型與其他空間資料串接及展示

三維地籍建物模型共有三種分類，分別是描述權利空間範圍與屬性之產權模型、進階包含樑柱與內部結構之基礎模型，及細節蘊含內部隔間、裝潢及擺設之細緻模型。今年度配合機關進行地籍建物之數位化管理與三維展示推廣作業，於本展示工具進行三維地籍建物產權模型（以下簡稱產權模型）之匯入與展示。

本案使用之三維地籍建物產權模型 XML 檔案，為高雄市政府地政局辦理「108 年度多目標地籍圖立體圖資建置計畫案」所提供，依據此 XML 檔案（如圖 3-95）進行檔案解析，擷取檔案內之全棟標籤資料轉換為模型屬性資料，並由標示部資料匯入單戶屬性資料，再進行模型建置、匯入及展示於本展示工具。若後續制定新版產權模型之 XML 格式，將於機關發布後配合滾動修正。

```

1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>
2 <don basepoint="120.36755500270743,22.640990441424112" gl="0.0" id="5KKUFCR2" landno="146
3 "-23.659049999987474,-3.0042000003159046 13.935949999984587,24.62639999995008" topfloor="
4 <floor floorcode="_001_" floorheight="0.0" height="3.2">
5 <buildingNumbers>
6 <buildingNumber isPublic="false" no="146100103000" sect="1461">
7 <polygons>
8 <polygon dim="2" height="0.0" main="N" type="A01,陽台"><outer>-12.940199999982724,-1.1364
9 -10.79349999999767,-0.9479000000283122 -12.940199999982724,-1.136400000192225</outer>
10 <wallRefs><wallRef idxInWalls="24"/><wallRef idxInWalls="25"/></wallRefs></polygon>
11 <polygon dim="2" height="0.0" main="Y" type=""><outer>-13.958500000007916,10.4589999999798834
12 -14.260299999994459,13.8957999999590963 -13.958500000007916,10.4589999999798834</outer><wal
13 </wallRefs></polygon>
14 <polygon dim="2" height="0.0" main="Y" type=""><outer>-8.402999999991152,-2.6202000002376
15 -13.958500000007916,10.4589999999798834 -12.940199999982724,-1.136400000192225 -10.7934999
16 -8.402999999991152,-2.6202000002376735</outer><wallRefs><wallRef idxInWalls="16"/><wallRe
17 <wallRef idxInWalls="28"/><wallRef idxInWalls="29"/></wallRefs></polygon></polygons>

```

圖 3-95、XML 檔案示意圖

1. XML 轉產權模型轉換功能開發及產權模型資料庫建置

- (1) 開發 XML 資料轉換功能：依據機關所提供之規範進行 XML 檔案解析，以 XML 轉換功能自動化擷取標籤內的全棟屬性資料，分戶屬性資料由標示部資料匯入，最後依 XML 資料內容生成三維地籍產權模型，整體流程可參考圖 3-96。

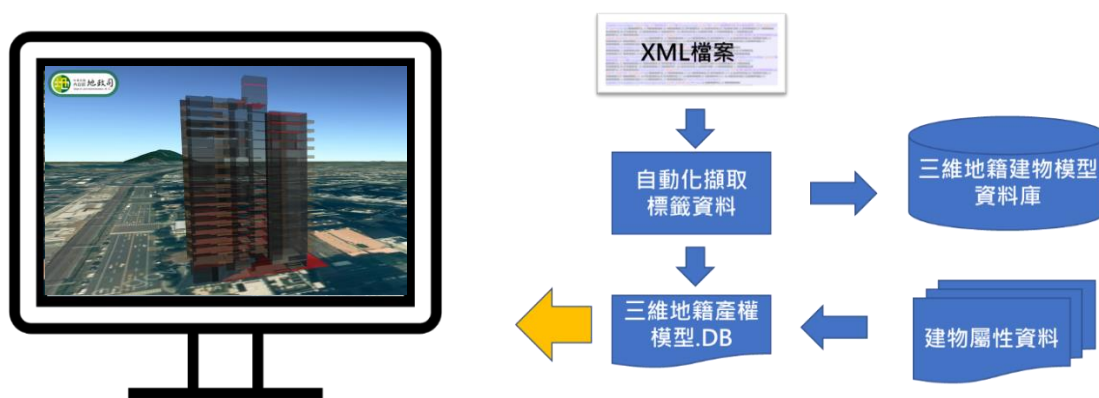


圖 3-96、XML 檔案轉換三維地籍建物產權模型之轉換流程

- (2) 建置產權模型資料庫：為便於日後地政機關作業需要，建立產權模型資料庫，儲存上述所擷取之產權模型屬性資料。依據工作會議結論規劃需存取之屬性欄位，詳細欄位名稱與格式如表 3-19。

表 3-19、產權模型資料庫屬性彙整表

欄位名稱	欄位含意	資料格式
ID	建物識別碼	String
Basepoint	模型原點坐標 (TWD97)	String
Sect	地段號	Unsigned Integer
LandNO	坐落地號	Unsigned Long Integer
NO	建號	Unsigned Long Integer
isPublic	是否為公設	String
Name	起造人名稱	String

欄位名稱	欄位含意	資料格式
Group	建物型態（如：大樓、透天）	String
Useword	使用執照字號	String
Completed	建築完成日期	Unsigned Integer
TopFloor	地上最高樓層數	Unsigned Integer
FloorCode	樓層代碼	String
Type	模型內的物件類型 （如：窗戶、天花板、雨遮、陽台等）	String
Main	是否為主建物	String

- (3) 將 XML 資料轉換時所萃取之模型屬性資料，包含多邊形尺寸與幾何資料及建物相關屬性資料，儲存至系統地圖伺服器資料庫。其中建置模型所需之尺寸與幾何資料用於模型生成，建物屬性資料用於屬性視窗展示。

2. 產權模型展示及樓層建物資料匯入

根據 XML 轉檔工具所萃取之產權模型資料，彙整於產權模型圖層群組，如圖 3-97 紅框處所示。產權模型屬性資料的展示，於模型開啟後，在已選圖層選單內，選擇依整棟、依住戶或建物權屬查詢之選取模式，選取介面如圖 3-98，並串接機關所提供之建物標示部資

料，透過屬性視窗的方式呈現。本工項各步驟說明如下：

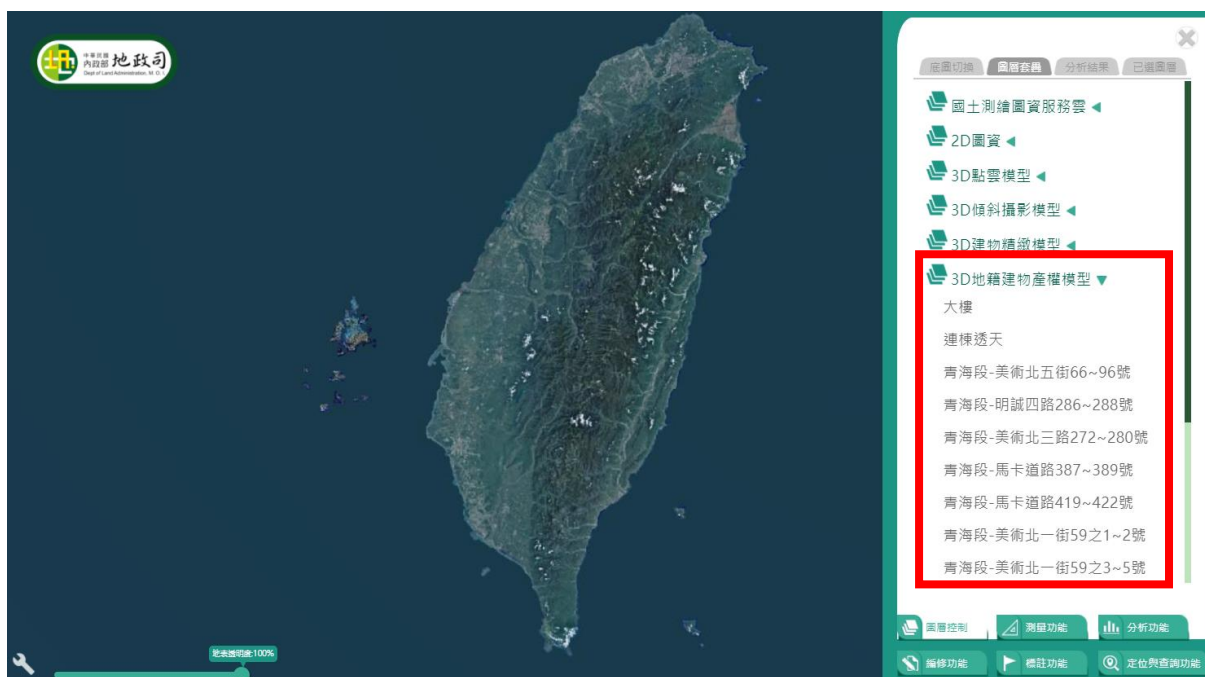


圖 3-97、產權模型圖層群組



圖 3-98、產權模型選取模式介面

- (1) 將 XML 檔案匯入轉檔程式中萃取出產權模型檔案，依據檔案中多邊形尺寸與幾何資料進行自動建模，最後展示於具圖層套疊功能之產權模型圖層群組。為更便利使用者進行模型選取，設計將產權模型進行半透明化處理，如圖 3-99 展示。



圖 3-99、產權模型展示

(2) 以產權模型建號介接建物標示部資料，依照選取範圍顯示不同屬性視窗。可選取整棟產權模型（如圖 3-100）或依戶別進行選取（如圖 3-101），或透過建物權屬查詢功能，以建號或門牌直接搜尋戶別（如圖 3-102）。



圖 3-100、產權模型全棟選取顯示標示部欄位

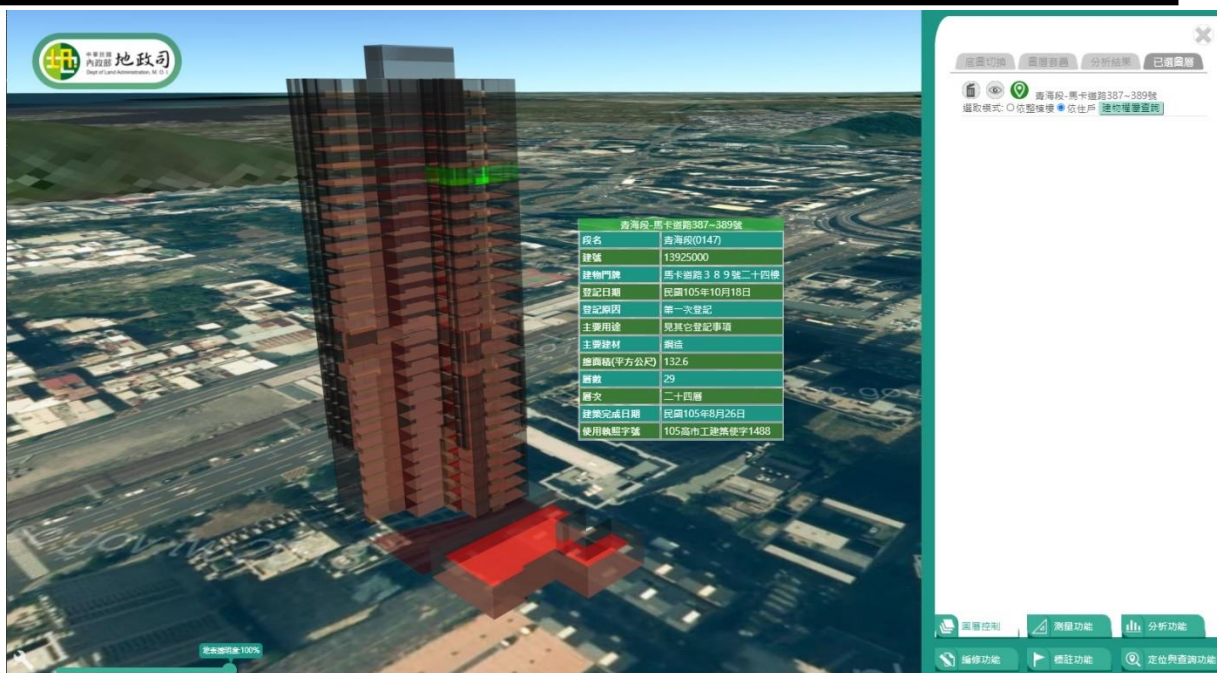


圖 3-101、產權模型依戶別選取顯示欄位

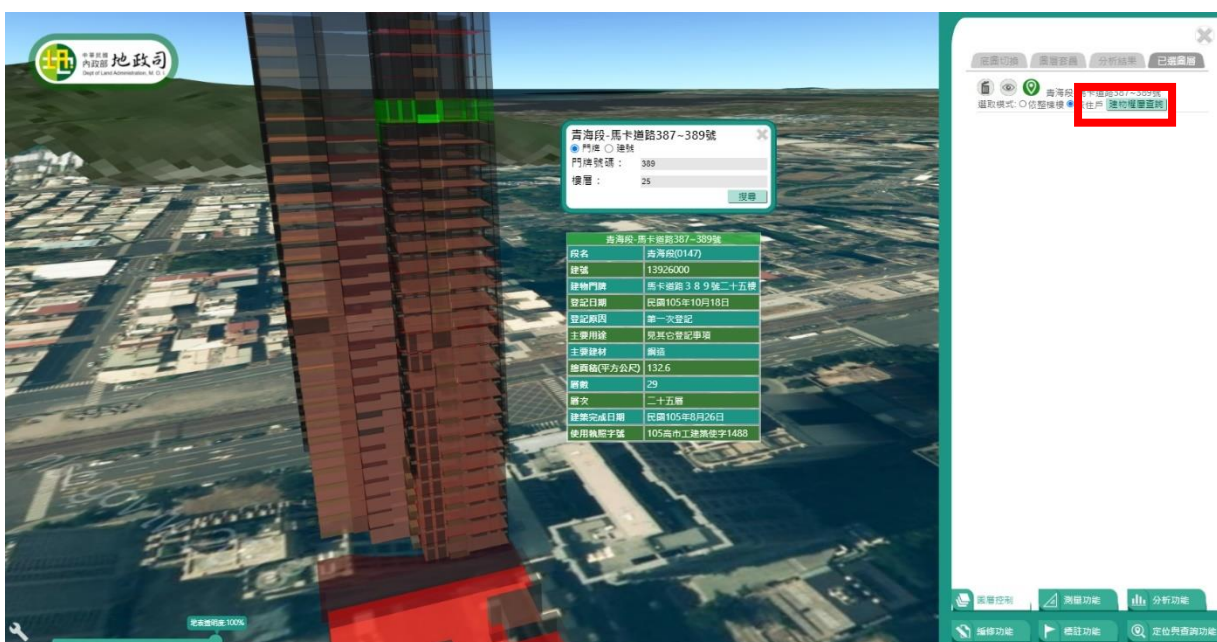


圖 3-102、產權模型建物權屬查詢功能介面

(三) 推廣及應用試辦

為便於地政機關作業需求，開發地政事務所複丈土地地籍圖之 KML 檔案上傳與展示功能。於本展示工具規劃 KML 檔案上傳介面（如圖 3-103），檔案上傳後的地籍圖區域自動套疊並伏貼於三維地形上。按下產生網址按鈕，將自動生成網址列與 QR CODE（如圖 3-104），

便利作業人員提供給民眾，透過此網址瀏覽複丈土地地號地籍圖之範圍與位置。(如圖 3-105)。



圖 3-103、KML 上傳介面



圖 3-104、KML 上傳後自動產製連結網址



圖 3-105、透過連結網址讀取顯示 KML 檔案套疊位置

肆、高精地圖供應服務

一、 建立高精地圖資料供應機制

高精地圖供應機制主要包含高精地圖圖資供應平台維運，以及高精地圖車端傳輸 API 開發兩個部分。高精地圖圖資供應平台因應今年度新增測製案資料上架，調整資料庫架構與審核機制，後續將配合機關向各道路資料主管單位進行平台操作說明。高精地圖車端傳輸 API 開發，已完成傳輸程式開發與實證作業，後續可配合機關進行相關串接測試作業。詳細執行過程描述如下。

(一) 維運高精地圖圖資供應平台，並擴充定位服務申請頁面

高精地圖 (HD MAPS) 圖資供應平台與 DTM 圖資供應平台整合為單一入口，系統規格依照本報告書第 35 頁「DTM 圖資供應平台維運」之規格敘述，持續維運 HD MAPS 圖資供應平台。另因應本年度新增之測製資料上架供應，配合機關需求調整內容如下：

1. HD Maps 圖資供應申請表單架構變更

依機關需求，調整 HD Maps 圖資供應申請頁面與圖資分類方式，以符合供應作業流程，調整需求與更新申請流程圖如圖 4-1。

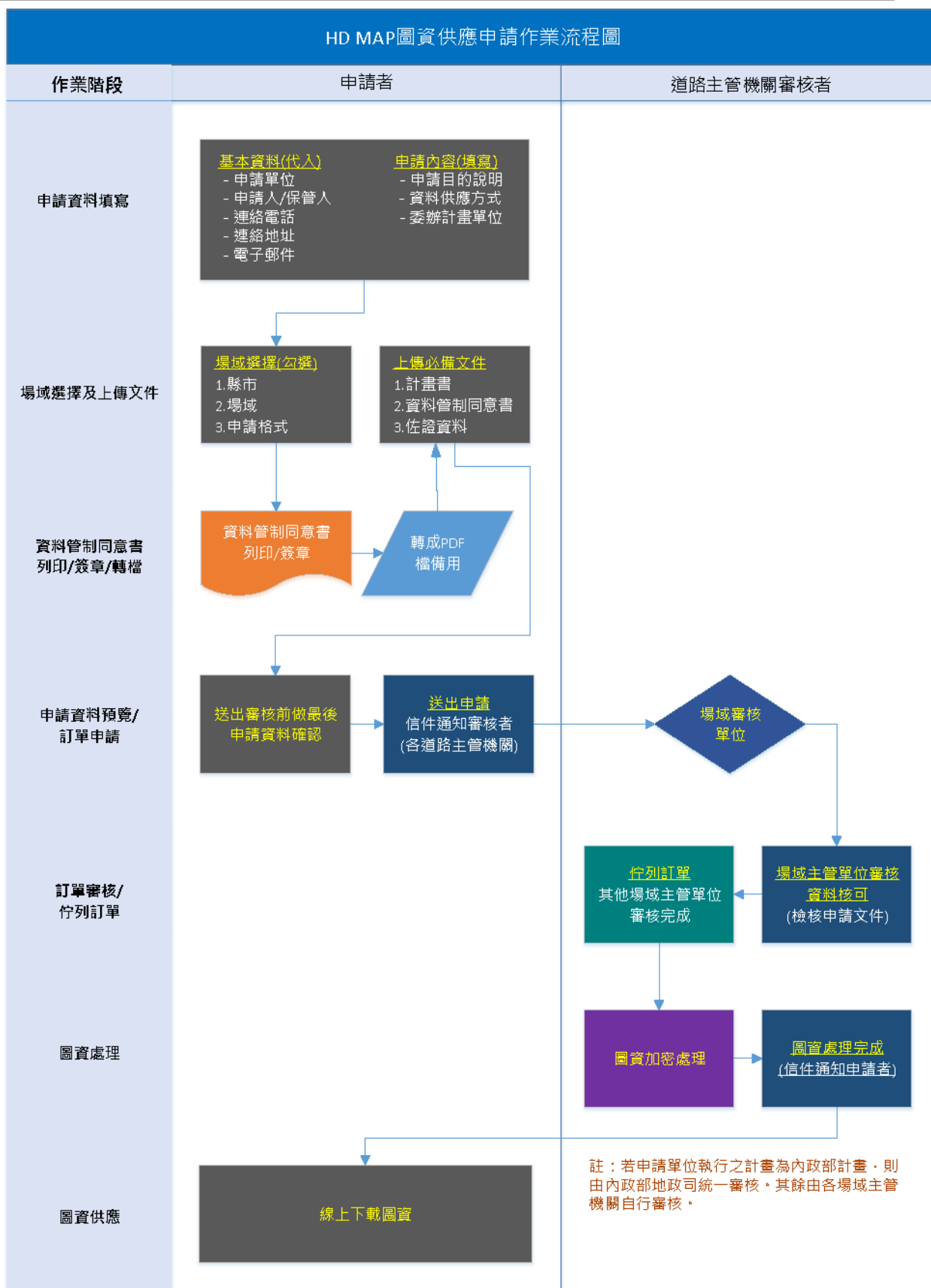


圖 4-1、HD MAPS 圖資供應流程架構圖

(1) 修改供應資料分類方式

於 108 年度規劃中，僅供應臺中水湳及臺南沙崙自駕車試驗場域資料，配合今年度新增之道路測製資料，改寫資料庫端資料供應架構，以縣市作為供應資料之分類方式（如圖 4-2 紅框處）。



圖 4-2、HD MAPS 圖資供應平台申請介面-顯示試驗場域/道路分類

(2) 新增供應檔案格式

供應檔案格式新增臺灣高精地圖格式 Open Drive (.xml) 及 Autware (.csv) 兩個格式（如圖 4-3 紅框處），提供申請者依需求勾選。

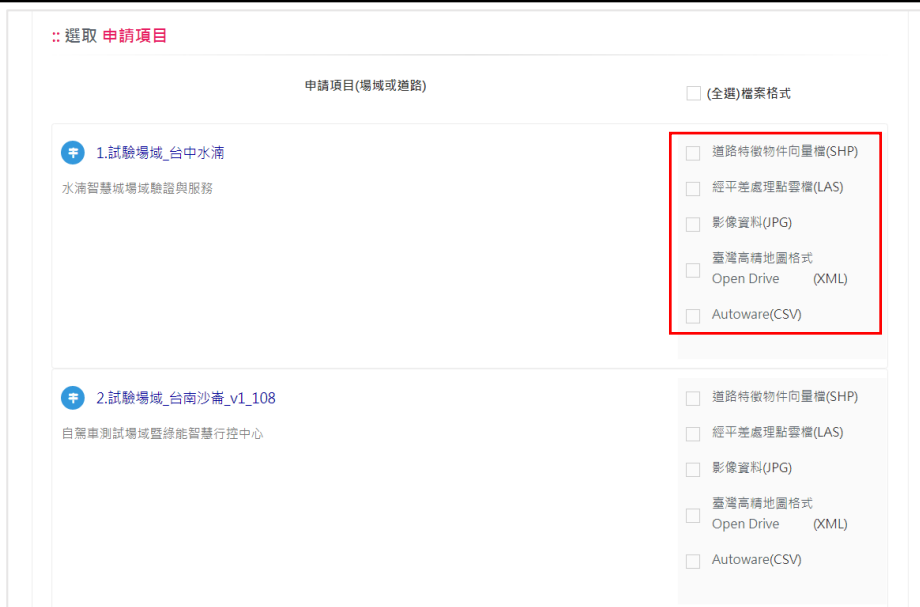


圖 4-3、HD MAPS 圖資供應平台申請介面-顯示檔案格式

(3) 依各場域上傳必要文件。

因應單筆申請單可申請多個場域圖資，且由個別場域負責人進行資料審核，故增加個別場域上傳申請文件之欄位（如圖 4-4），申請者可點選該場域/道路的上傳按鈕，依顯示頁面上傳必備文件（如圖 4-5）。



圖 4-4、HD MAPS 圖資供應平台申請介面-上傳申請文件頁面



圖 4-5、HD MAPS 圖資供應平台申請介面-依個別場域上傳文件畫面

2. 新增「擴充定位服務申請」推廣頁面

e-GNSS 為內政部國土測繪中心建構之高精度之電子化全球衛星即時動態定位系統，可應用於自駕車相關技術研究，配合機關推廣此系統，於本平台新增頁面並連結至「e-GNSS 即時動態定位系統入口網站」，提供 HD MAPS 圖資申請者參考。



圖 4-6、「擴充定位服務申請」推廣頁面

(二) 開發高精地圖圖資傳輸 API，並依機關需求辦理實證

高精地圖是新一代的電子導航地圖，其特色為坐標精準度高、物件定義細緻化。高精地圖提供了自駕車對於周遭環境的精確描述（如車道、標線、號誌、事故等），輔助自駕車採取正確的行駛決策，因此高精地圖是目前自駕車運行所需的關鍵要素之一。

高精地圖與一般電子導航地圖的主要差別在於坐標的精準度：高精地圖的精準度在公分等級，而一般電子導航地圖精準度約為 5 公尺。除此之外，高精地圖內各項物件（如車道、標線、號誌）之間的關聯性有詳細地描述，而一般電子導航地圖僅標示出道路與地標之位置。由於一般電子導航地圖服務的對象是人類駕駛，因此各項物件均以圖形方式呈現，方便駕駛人了解周遭環境。另一方面，高精地圖服務的對象是自駕車，因此高精地圖的內容不再需要以圖形方式呈現，其詳細的物件關聯性描述則用於彌補目前自駕車對於環境認知的不足。

目前的交通環境變化快速，一般電子導航地圖定期更新圖資的方式已不敷使用。而高精地圖具有即時更新的功能性要求，可以應付事故、施工等非常規的狀況。因此即時更新的高精地圖可以最佳化自駕車的行駛決策，改善交通的瓶頸。為了達成高精地圖的即時更新功能，本案引入 DDS（Data Distribution Service，數據分發服務）訊息傳輸技術，並規劃出一個通用的傳訊平台（包含訊息格式、連接方式、認證等機制），以接近即時的方式將高精地圖推送至連網的自駕車。此外，針對自駕車完整的高精地圖供應機制，內政部已規劃統整了相關的自駕車計畫專案成果，將自動駕駛資訊整合平臺、高精地圖供應平臺以及自駕車(隊)三者相互連結，建立起一個高精地圖圖資的產製、供應及更新機制，提供完整的自駕車使用體驗（架構圖如圖 4-7）。

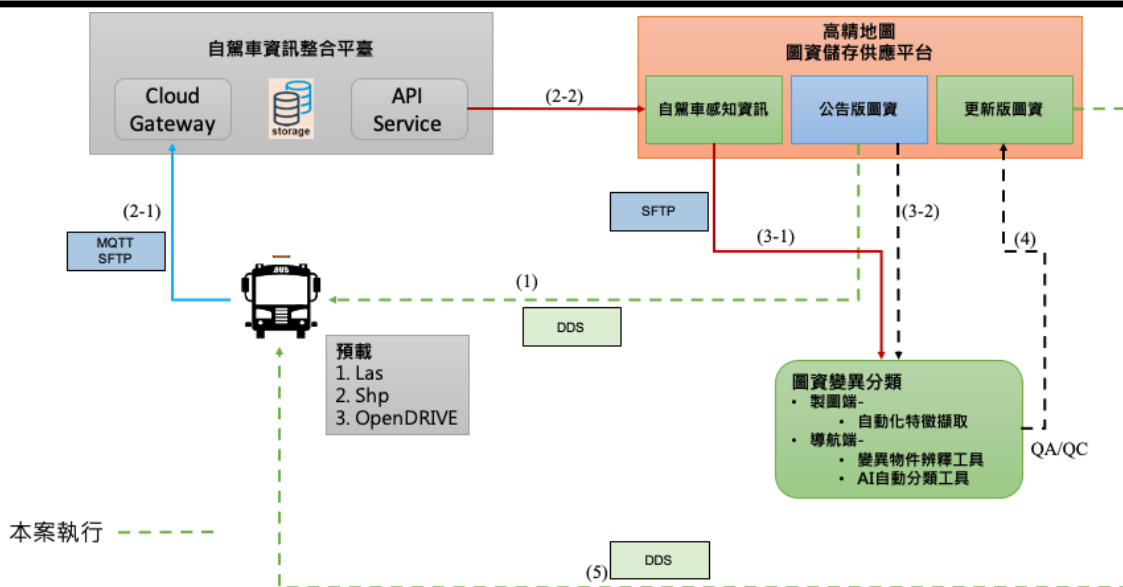


圖 4-7、自動駕駛資訊整合平臺及高精地圖供應平臺介接機制

目前市場上有許多的連網通訊技術，其中被廣泛使用的技術為 MQTT (Message Queuing Telemetry Transport, 信息佇列遙測傳輸)，但本案選用 DDS 作為高精地圖的傳輸技術。以下將針對 DDS 與 MQTT 兩種技術做一闡述與比較以說明本案選用 DDS 的原因。此外，本案中的工作項目也包括分別實作兩種技術傳送高精地圖，並呈現出 DDS 的優勢。

MQTT 本身是一種中介軟體 (Middleware)，其底層是 TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol, 網際網路協議)，因此可以沿用既有的網路架構和設備進行部署。MQTT 的訊息格式相當精簡 (標頭僅占 2 Bytes)，非常適合用於處理器資源及網路頻寬有限的連網裝置。MQTT 採用主從式架構 (圖 4-7)，以基於主題的發布-訂閱模式傳送訊息，並提供三種服務質量策略 (Quality of Service, QoS)。在 MQTT 的通訊網路中必須有一台稱為代理人 (Broker) 的伺服器負責訊息的傳遞。但隨著使用者數量或訊息量的增加，伺服器的負荷勢必愈來愈重，因此造成效能滑落。為了維持效能，又必須增加伺服器的運算力和數量，使得後續的維護成本升高。

為了達到即時更新高精地圖的功能，並且可應付未來日益增加的自駕車數量。本案選擇了 DDS 做為因應方案。DDS 是一套面向即時系統 (Real-time system) 的資訊發送機制，它的效率非常高，能做到秒級內同時分發百萬條訊息到眾多設備。DDS 最早應用於美國海軍，用於

解決艦船複雜網絡環境中大量軟件升級的兼容性問題，現在已經成為美國國防部的強制標準。2013 年 DDS 轉由物件管理組織（Object Management Group，OMG）組織負責管理規劃，成為一項公開的數據分發訂閱標準協議。目前 DDS 已深入各個產業領域，從國防、航太、能源、汽車到製造業等。例如石油天然氣工業大廠 National Oilwell Varco 便是利用 DDS 來開發自動化系統；美國陸軍工兵部隊則淘汰原本的數據採集監控系統(SCADA)，轉而擁抱 DDS。此外，法國軍火業者 Thales、通用汽車、英特爾等皆已導入 DDS。

DDS 與 MQTT 有許多相似之處，並包含許多改進的部分。DDS 和 MQTT 同樣屬於中介軟體，底層也都是 TCP/IP，可沿用既有的網路架構和設備進行部署。DDS 一樣採用基於主題的發布—訂閱架構發送訊息，支援一對一、一對多、多對一與多對多四種傳送方式。另外，DDS 屬於分散式系統，端點間直接通訊，不存在中心伺服器的需求（圖 4-8）。DDS 強調以數據為中心，可自訂訊息的架構，並提供 21 種的 QoS，保障數據能夠即時、有效、靈活地傳送。表 4-1 羅列了 DDS 與 MQTT 的特性比較。由此可知，DDS 不但具有 MQTT 的優點，更改進了 MQTT 的缺點。基於 DDS 的高擴展性、高即時性、高可靠度與高性能，相當適合做為高精地圖的傳送管道，這也是本案採用 DDS 的原因。

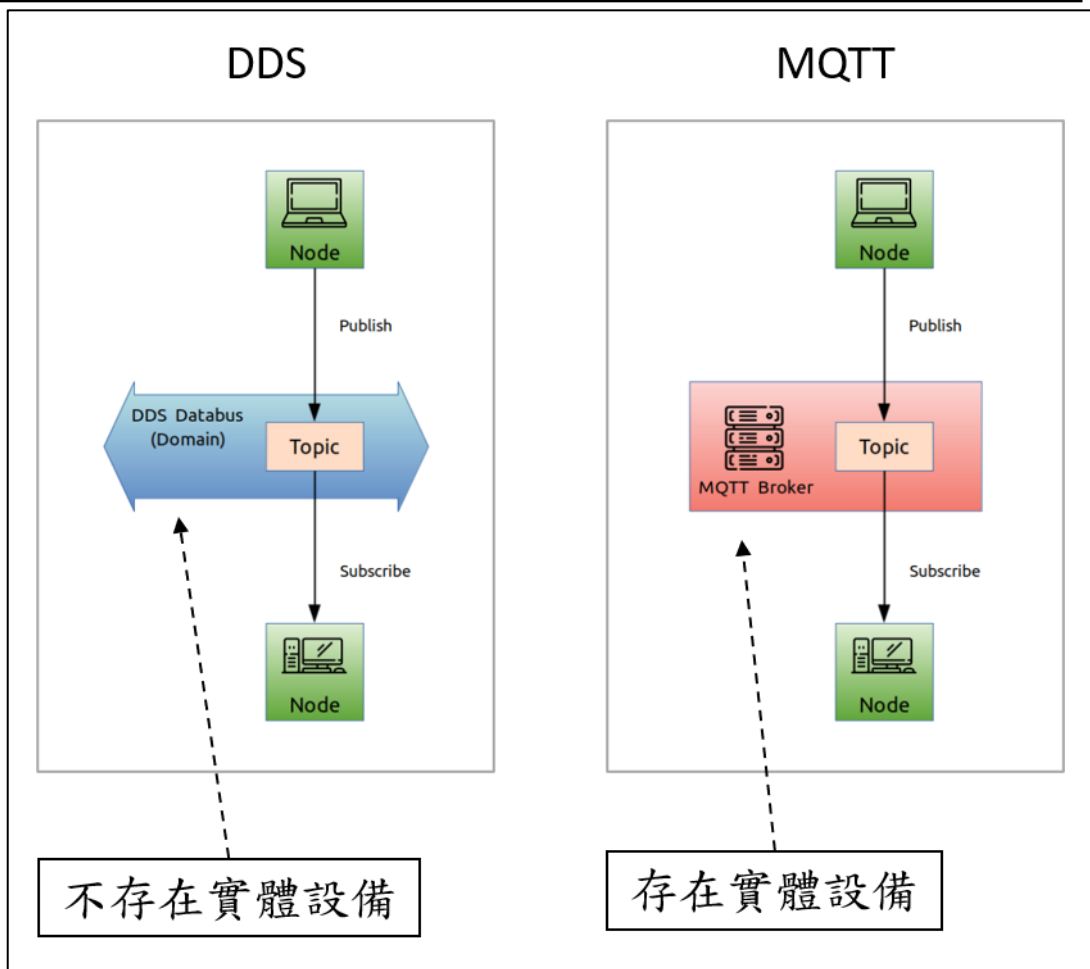


圖 4-8、DDS 與 MQTT 架構示意圖

表 4-1、DDS 與 MQTT 特性比較表

	DDS	MQTT
架構	分散式（點對點直接連線）	主從式（需中心伺服器協調發送與接收訊息）
訊息傳送模式	發布/訂閱模式： 一對一 一對多 多對一 多對多	發布/訂閱模式： 一對一 一對多 多對一（僅最後發布的訊息可被接收） 多對多
QoS	支持 QoS (21 種)	支持 QoS (3 種)
訊息格式	可預訂訊息格式	需自行解析訊息格式
單一訊息最大承載量	無特殊限制（系統支援訊息自動拆分與復原）	256MB
即時性	高	中
特色	高擴展性 高可靠度 高性能	輕量 精簡

目前市面上的 DDS 系統軟體主要有 RTI (Real-Time Innovations) 的 Connex DDS，以及凌華科技 (AD-Link) 的 Vortex DDS。另外還有 Object Computing 以開放源碼方式發布的 OpenDDS。其中以 RTI 的

Connex DDS 佔有了大部分的市場。另外，RTI Connex DDS 支援以 C、C++、Java、.NET、Lua、Python、Javascript 等多種程式語言撰寫 DDS 程式。基於相容性的考量，本計劃案選用 RTI Connex DDS，並以 C、C++、Python 等三種程式語言撰寫 DDS 程式。

DDS 的通訊網路由領域 (Domain)、主題 (Topic)、訊息格式 (Data Type)、發送者 (Publisher)、接收者 (Subscriber)、資料寫入者 (Data Writer)、資料讀取者 (Data Reader) 等元素組成 (圖 4-9)。形成一個 DDS 通訊網路首先必須定義一個基礎的通訊領域；接著在此領域上定義一個主題以及對應的訊息格式。資料寫入者可以對該主題發送該格式的訊息，資料讀取者可以自該主題接受該格式的訊息，且訊息僅於資料寫入者與資料讀取者之間直接傳遞。而發送者與接收者則分別是資料寫入者與資料讀取者的集合群組。另一方面，QoS 則規範了訊息如何被傳遞，例如單一訊息的存活時間，是否保證訊息被資料讀取者接收等等。透過 QoS 可以對領域、主題、發送者、接收者、資料寫入者、資料讀取者做不同的行為規範，使得訊息的流動可以靈活有效率。

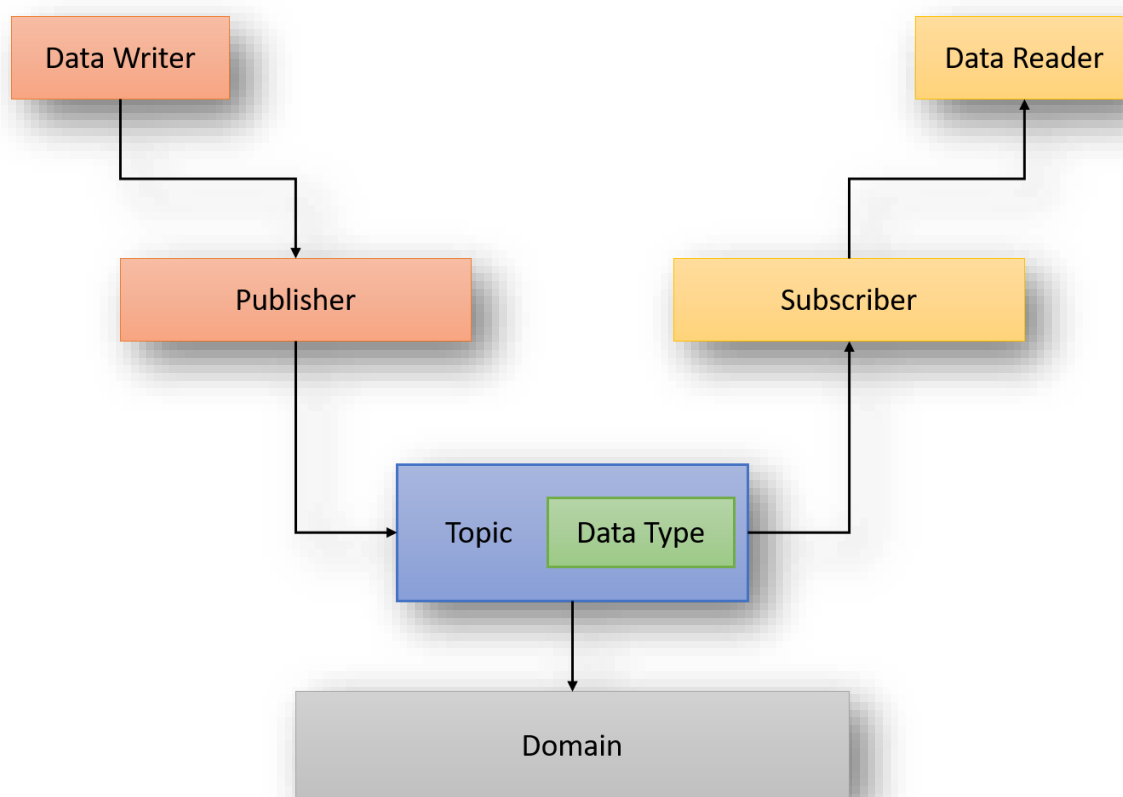


圖 4-9、DDS 組成元素

RTI Connex DDS API 已經將 DDS 的各組成元素物件化，因此建立一個 DDS 的通訊網路變的非常容易。以下為使用 C++ 使用建立一個資料寫入者並傳送一筆資料的範例：

```
// 設定領域
int domain_id = 0;
// 設定主題
std::string topic_name = 'HMap';
// 設定訊息內容
HDMATYPE Instance = {...};
// 建立領域
participant = dds::domain::DomainParticipant(domain_id);
// 建立主題
topic = dds::topic::Topic<HDMATYPE>(participant, topic_name);
// 建立發送者
publisher = dds::pub::Publisher(participant);
// 建立資料寫入者
writer = dds::pub::DataWriter<HDMATYPE>(publisher, topic);
// 發送訊息
writer.write(instance);
```

以下為使用 C++ 使用建立一個資料讀取者並接收一次資料的範例：

```
// 設定領域
int domain_id = 0;
// 設定主題
std::string topic_name = 'HMap';
// 建立領域
participant = dds::domain::DomainParticipant(domain_id);
// 建立主題
topic = dds::topic::Topic<HDMATYPE>(participant, topic_name);
// 建立接收者
subscriber = dds::sub::Subscriber(participant);
// 建立資料讀取者
reader = dds::sub::DataReader<HDMATYPE>(subscriber, topic);
// 接收訊息
dds::sub::LoanedSamples<HDMATYPE> samples = reader.take();
```

以下為高精地圖 DDS 傳送平台的開發執行步驟、過程與成果，工作項目與相關時程詳如表 4-2。

表 4-2、高精地圖傳送平台實作內容與時程

時程	執行內容	備註
5 月中旬	<ul style="list-style-type: none"> ● 分析高精地圖資料結構。 ● 規劃 DDS 傳輸規格。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 完成
5 月底	DDS 傳輸第一階段： <ul style="list-style-type: none"> ● 建構 WiFi 測試網路。 ● 開發 DDS 發送端程式。 ● 開發 DDS 接收端程式。 ● 進行第一階段 DDS 傳輸實驗。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 完成 ● 參考圖 4-11、圖 4-12、表 4-3
7 月底	DDS 傳輸第二階段： <ul style="list-style-type: none"> ● 開發 DDS 發送端程式，並佈署於 TWCC 之上。 ● 架設具備 4G LTE 連線能力之樹莓派。 ● 開發 DDS 接收端程式，並佈署於樹莓派之上。 ● 進行第二階段 DDS 傳輸實驗。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 完成 ● 參考圖 4-13、圖 4-14、表 4-5
8 月底	DDS 傳輸第三階段： <ul style="list-style-type: none"> ● 開發 DDS 發送端程式，並佈署於 TWCC 之上。 ● 開發 DDS 接收端程式，佈署於具備 4G LTE 連線能力之樹莓派，並放置在 	<ul style="list-style-type: none"> ● 完成 ● 參考圖 4-15、圖 4-16、圖 4-17、圖 4-18、表 4-6、表 4-7

時程	執行內容	備註
	沙崙測試場域。 <ul style="list-style-type: none"> ● 進行第三階段 DDS 傳輸實驗。 	
9 月中	<ul style="list-style-type: none"> ● 架設 DDS Persistence Service 於 TWCC 之上。 ● 測試 DDS Persistence Service。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 完成 ● 參考圖 4-19、圖 4-20
9 月底	DDS 發送端離線模擬： <ul style="list-style-type: none"> ● 開發 DDS 發送端程式，並佈署於 TWCC 之上。 ● 開發 DDS 接收端程式，並佈署於樹莓派之上。 ● 架設 DDS Persistence Service 於 TWCC 之上。 ● 進行 DDS 發送端離線模擬。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 完成 ● 參考圖 4-21、圖 4-22、表 4-9
10 月底	MQTT Broker 離線模擬： <ul style="list-style-type: none"> ● 開發 MQTT 發送端程式，並佈署於 TWCC 之上。 ● 開發 MQTT 接收端程式，並佈署於樹莓派之上。 ● 架設 MQTT Broker 於 TWCC 之上。 ● 進行 MQTT Brroker 離線模擬。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 完成 ● 參考圖 4-23、圖 4-24、表 4-10

時程	執行內容	備註
11 月底	● DDS 傳輸規格文件化。	● 完成

1. 規劃高精地圖 DDS 傳送平台架構與規格

在目前的規劃中，高精地圖由國網中心發送，由沙崙測試場域內的自駕車接收。傳送的高精地圖資料格式為 OpenDrive。高精地圖會進一步細分成靜態圖層（包括車道、標線、號誌位置等）與動態圖層（包括路側燈號狀態、車道變動、事故、施工等）兩部份。自駕車啟動後會先行載入靜態圖層與動態圖層，接著在行駛過程中，每隔一段時間更新一次動態圖層。然而目前尚未有動態圖層部分的高精地圖，且其更新發布機制仍未確立，故目前本案僅針對靜態圖層部分進行發布實作。

基於 DDS 通訊模型與高精地圖發送機制，並考量未來擴展上的需求，臺灣的每一個自駕車測試場域均會劃分成一個獨立的 DDS 領域。國網中心（發送者）會加入臺灣所有的 DDS 領域（圖 4-10），發送高精地圖。而場域內的自駕車（接收者）則會加入該場域的 DDS 領域接收高精地圖。此外，考量到高精地圖應屬於國家基礎建設，故目前對於自駕車加入 DDS 領域接收高精地圖並無特殊限制。

根據成功大學高精地圖研究發展中心提供的沙崙場域高精地圖 OpenDrive 格式範例檔，OpenDrive 為一 XML 形式的文字檔，利用 zip 資料壓縮技術即可將高精地圖壓縮至數百 KB 的大小。因此，高精地圖會直接以 zip 壓縮檔的格式，配合檔案校驗碼（checksum）、日期等訊息欄位傳送至自駕車上。

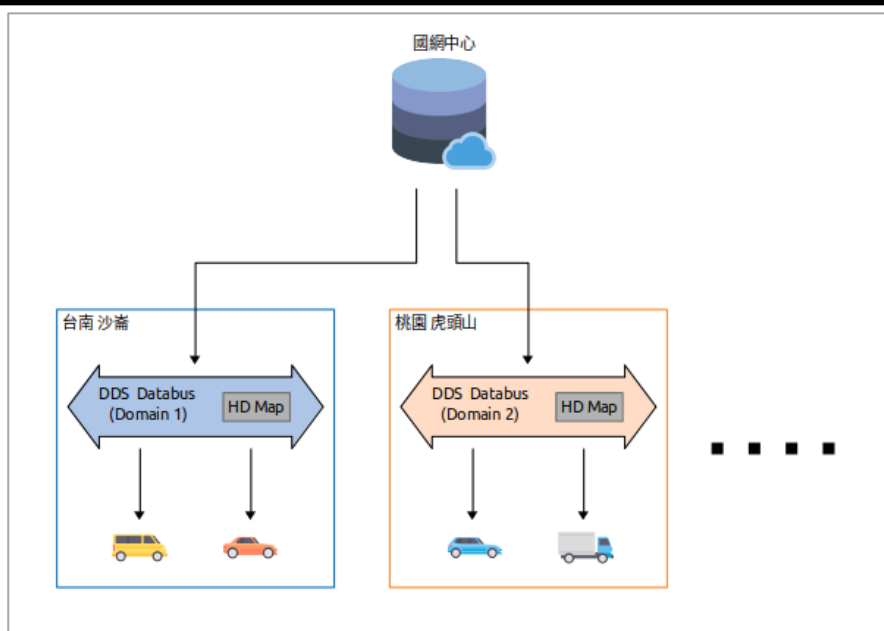


圖 4-10、高精地圖傳送平台架構示意圖

2. 第一階段傳送平台實作與測試

第一階段傳送平台架構如圖 4-11，於國網中心內部建構 WiFi 測試網路，網路環境由一台 WiFi 路由器建構一封閉之區域網路，另有三台筆記型電腦分別加入此區域網路並取得私有 IP。其中一台筆記型電腦模擬 DDS 訊息發送端，另兩個 DDS 訊息接收端。發送端與接收端均加入同一個 DDS 領域以及同一個 DDS 主題。DDS 訊息以 UDPv4 (UDP + IPv4) 協定進行傳輸。DDS 訊息欄位定義如表 4-3：

表 4-3、DDS 訊息欄位定義表 (第一階段)

Heritance	高精地圖所屬區域。
Type	高精地圖種類
Version	訊息版本
File path	高精地圖壓縮檔名稱
File size	高精地圖壓縮檔大小

發送端每一秒發送一次 DDS 訊息，其中包含高精地圖，且內容不變。接收端以監聽的方式接收，只要收到高精地圖訊息便立刻顯示並儲存。在本案中，高精地圖接收成功表示接收端接收到一筆完整的高精地圖資料，儲存至硬碟中，且計算此高精地圖檔案的 SHA256 校驗碼，並與 DDS 訊息中之 SHA256 校驗碼比對無誤。整個測試進程標示於表 4-4，完整過程記錄在影片 4-12 中，相關截圖則位於圖 4-12(a)-(e)。成果顯示第一階段之實測成功，高精地圖可透過 WiFi 建構之 DDS 網路環境傳輸。

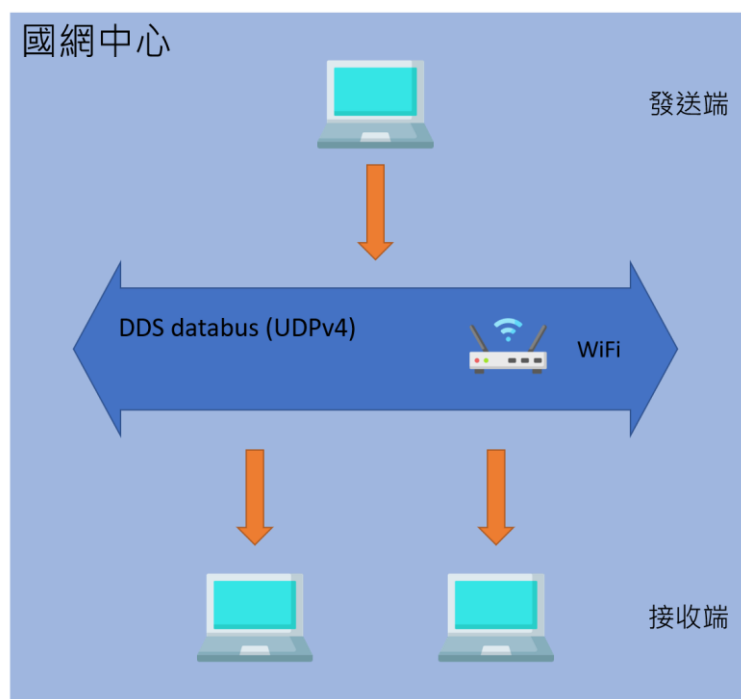


圖 4-11、第一階段傳送平台架構示意圖

表 4-4、第一階段傳送平台測試進程

進程	作業項目	圖示
1	<ul style="list-style-type: none"> 發送端開機，完成網路連線。 接收端一開機，完成網路連線。 接收端二開機，完成網路連線。 	圖4-12(a)
2	<ul style="list-style-type: none"> 接收端一啟動DDS接收程式。 	圖4-12(b)

	<ul style="list-style-type: none"> 接收端二啟動DDS接收程式。 	
3	<ul style="list-style-type: none"> 發送端啟動DDS發送程式，並開始連續發送高精地圖。 	圖4-12(c)
4	<ul style="list-style-type: none"> 接收端一開始連續接收高精地圖。 接收端二開始連續接收高精地圖。 	<p>圖4-12(d)</p> <p>圖4-12(e)</p>
<p>附註：因測試前未進行時間同步，故在顯示上，發送端與接收端一有一秒多的時間差，與接收端二的時間差則小於一秒。</p>		

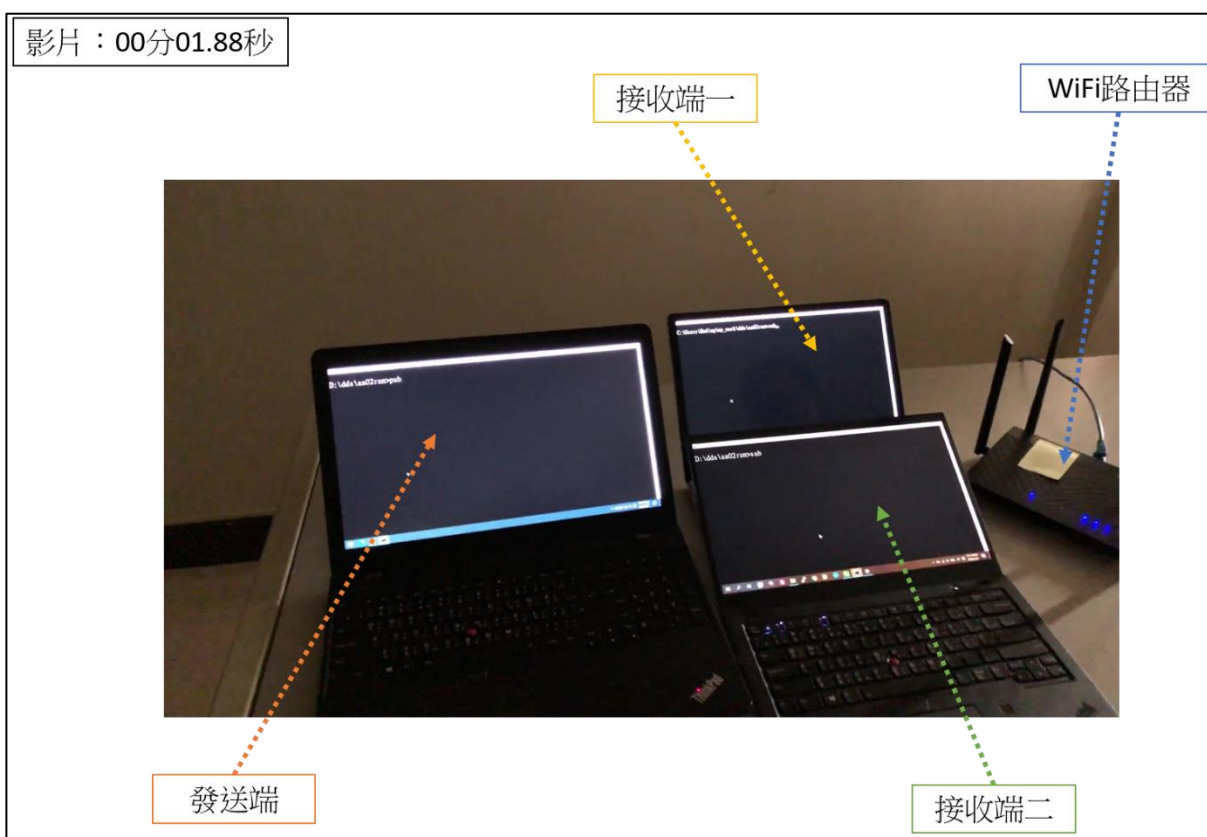


圖 4-12(a)、第一階段傳送平台（進程 1）

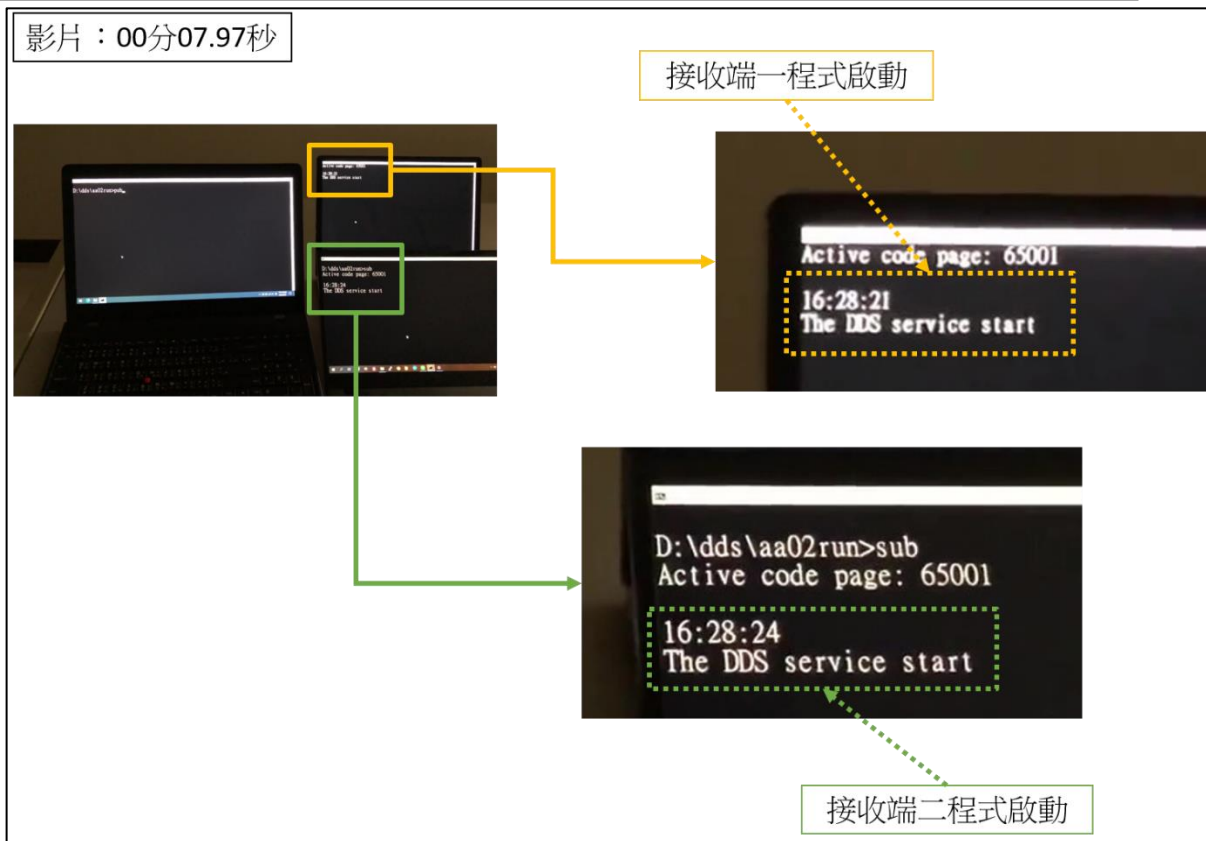


圖 4-12(b)、第一階段傳送平台實作測試（進程 2）



圖 4-12(c)、第一階段傳送平台實作測試（進程 3）

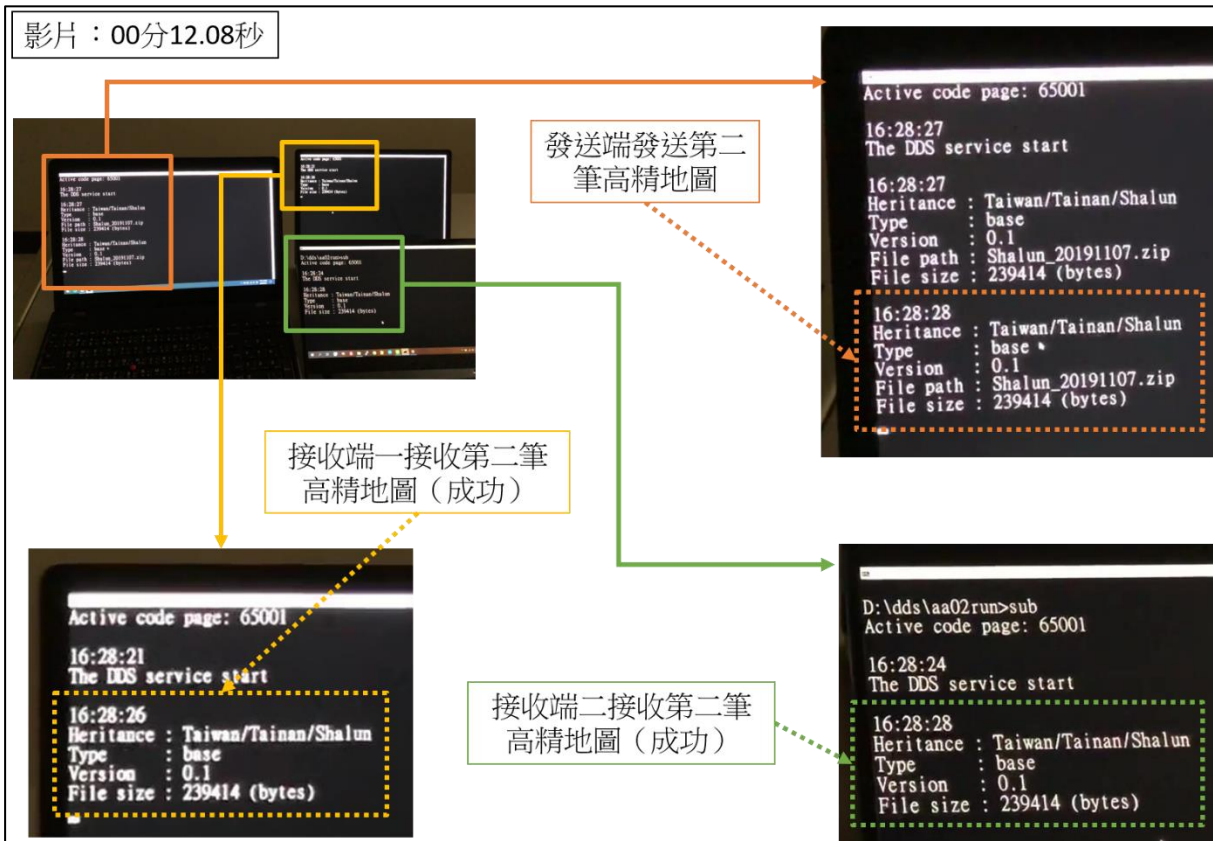


圖 4-12(d)、第一階段傳送平台實作測試（進程 4）

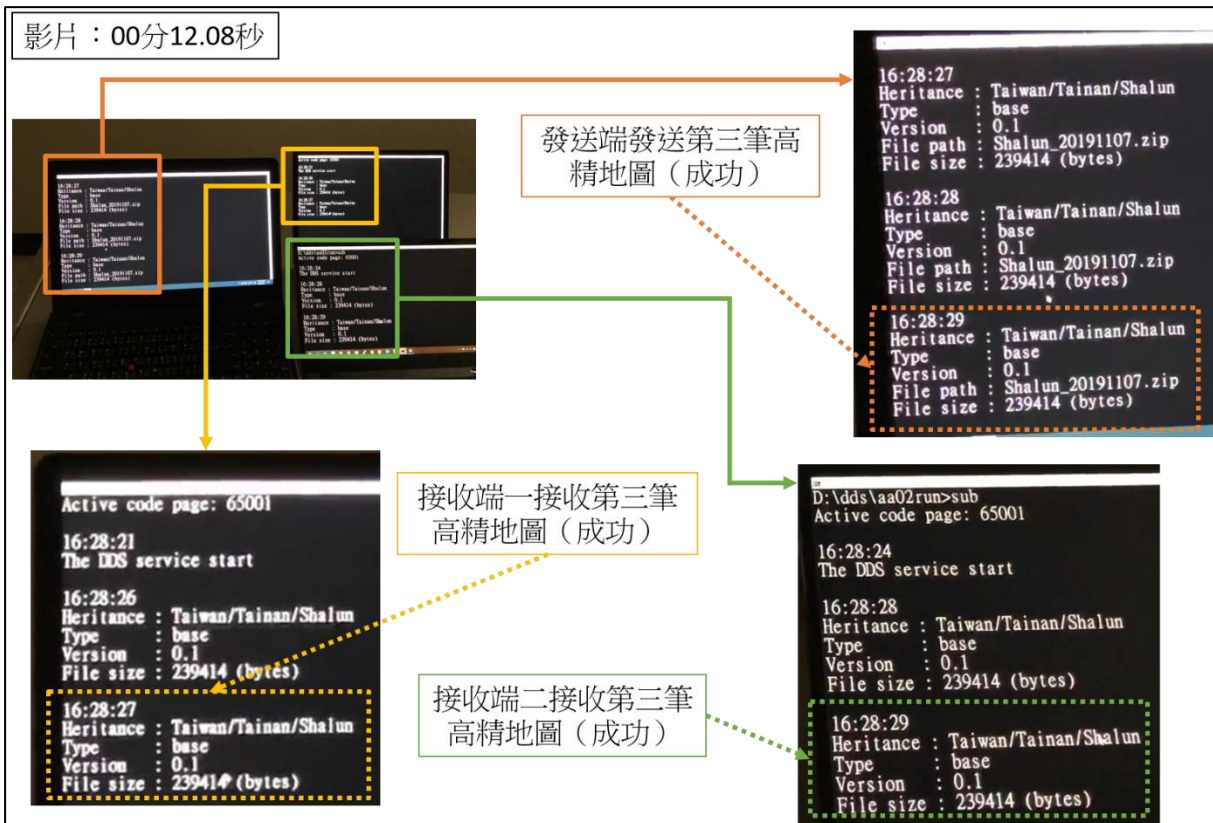


圖 4-12(e)、第一階段傳送平台實作測試（進程 4）

3. 第二階段傳送平台實作與測試

第二階段的傳送平台基本架構如圖 4-13，與第一階段類似，但發送端部署至國網中心的 TWCC (Taiwan Computing Cloud) 之上，接收端則轉換至樹莓派 (Raspberry Pi) 上，網路載體變更為 4G LTE 行動網路。發送端與接收端不再隸屬於同一區域網路。發送端配有一固定之公共 IP，以 7400 網路埠對外溝通。接收端則由電信網路分配私有 IP。DDS 訊息以 TCPv4 (TCP+ IPv4) 協定傳輸。DDS 訊息欄位定義變更如表 4-5：

表 4-5、DDS 訊息欄位定義表 (第二階段)

district	高精地圖所屬區域。
datetime	高精地圖產生日期
provider	高精地圖生成單位
version	DDS 訊息版本
checksum	高精地圖 zip 壓縮檔 SHA256 校驗碼
hdmap	高精地圖 zip 壓縮檔

考量到高精地圖靜態圖層的更新週期較長，故發送端暫時變更為每 10 秒發送一次高精地圖，且內容不變。接收端以監聽的方式接收，只要收到高精地圖訊息便立刻顯示並儲存。整個測試進程標示於表 4-6，完整過程記錄在影片 4-14 中，相關截圖則位於圖 4-14(a)-(e)。成果顯示第二階段之實測成功，高精地圖可透過 4G LTE 行動網路配合 DDS 進行傳輸。

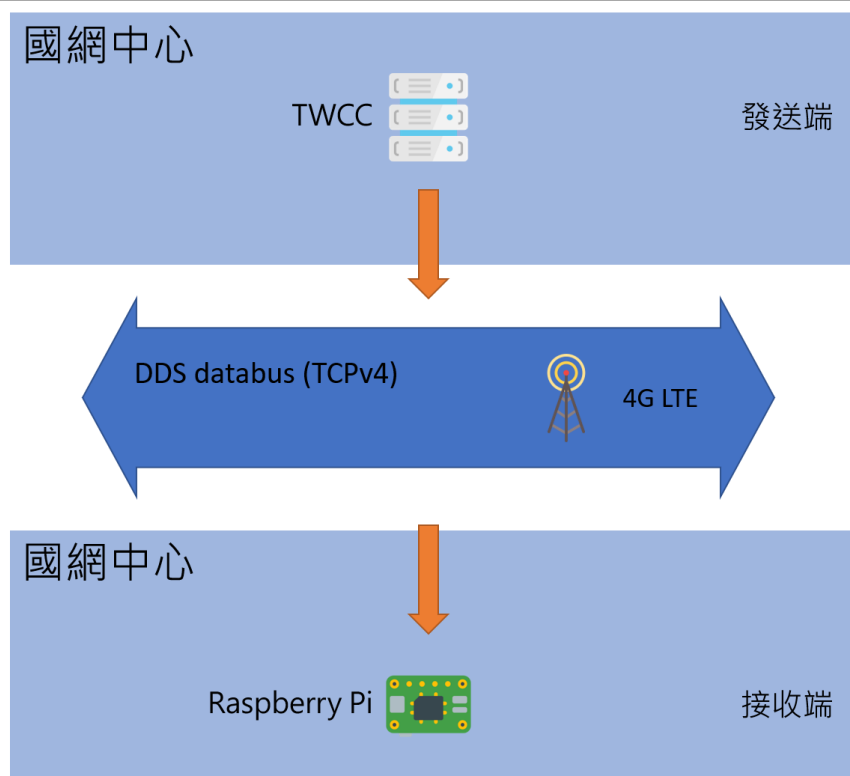


圖 4-13、第二階段傳送平台架構示意圖

表 4-6、第二階段傳送平台測試進程

進程	作業項目	圖示
1	<ul style="list-style-type: none"> 發送端開機，完成網路連線。 接收端開機，完成網路連線。 	圖4-14(a)
2	<ul style="list-style-type: none"> 發送端啟動DDS發送程式，並開始連續發送高精地圖。 	圖4-14(b)
3	<ul style="list-style-type: none"> 接收端啟動DDS接收程式，並開始連續接收高精地圖。 	圖4-14(c) 圖4-14(d) 圖4-14(e)
附註：因程式撰寫上的疏忽，DDS接收程式顯示的月份較真實月份慢一個月。		

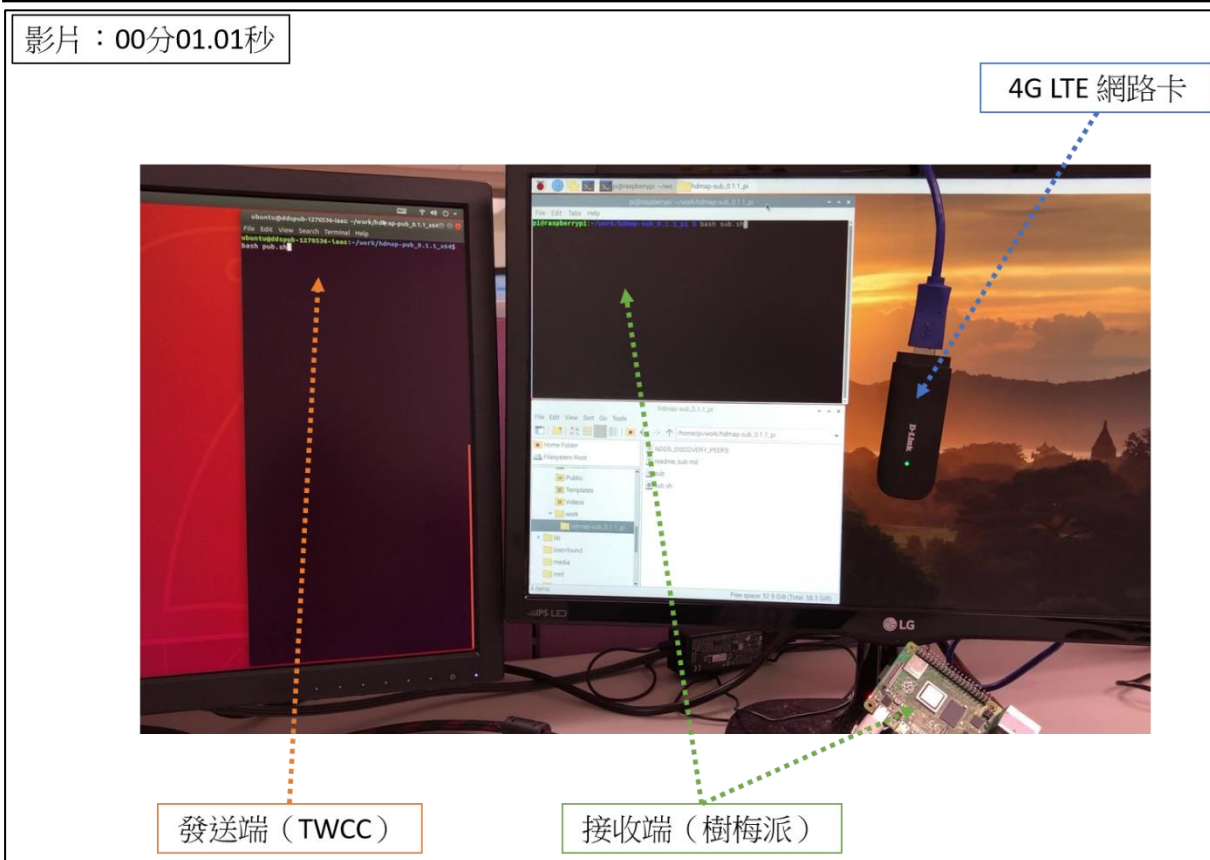


圖 4-14(a)、第二階段傳送平台 (進程 1)

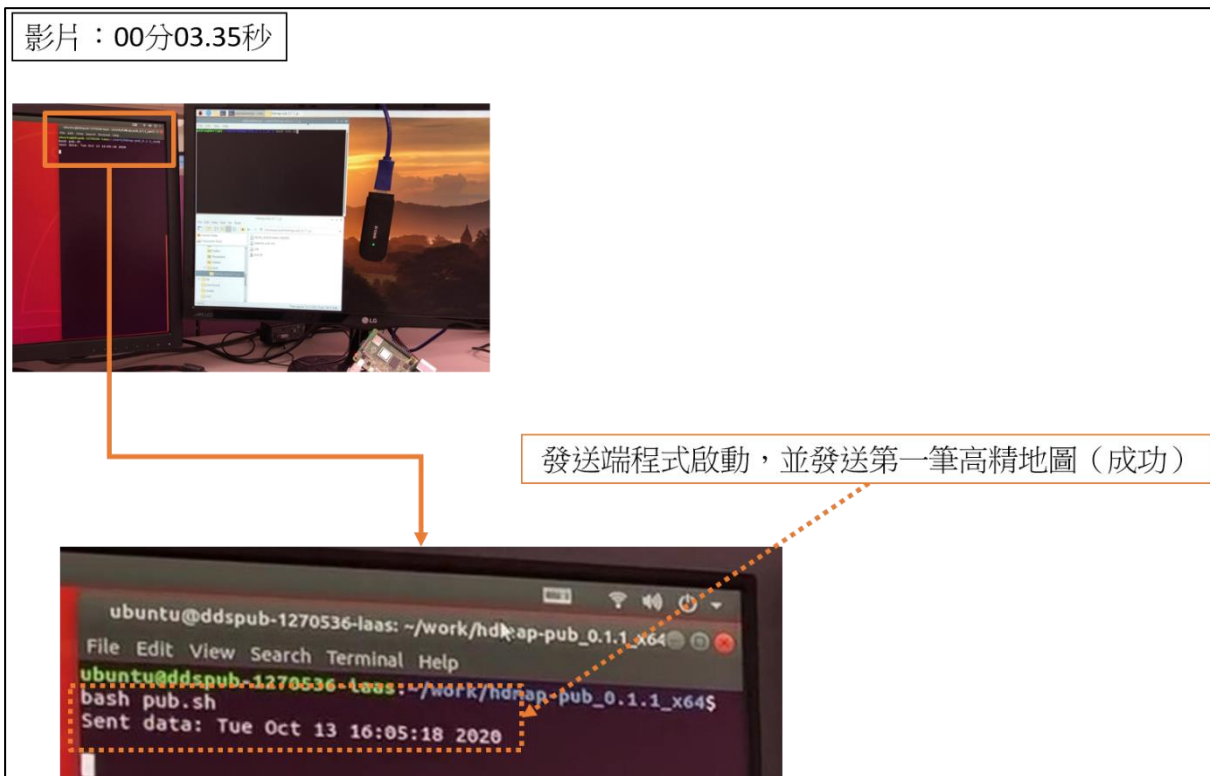


圖 4-14(b)、第二階段傳送平台實作測試 (進程 2)

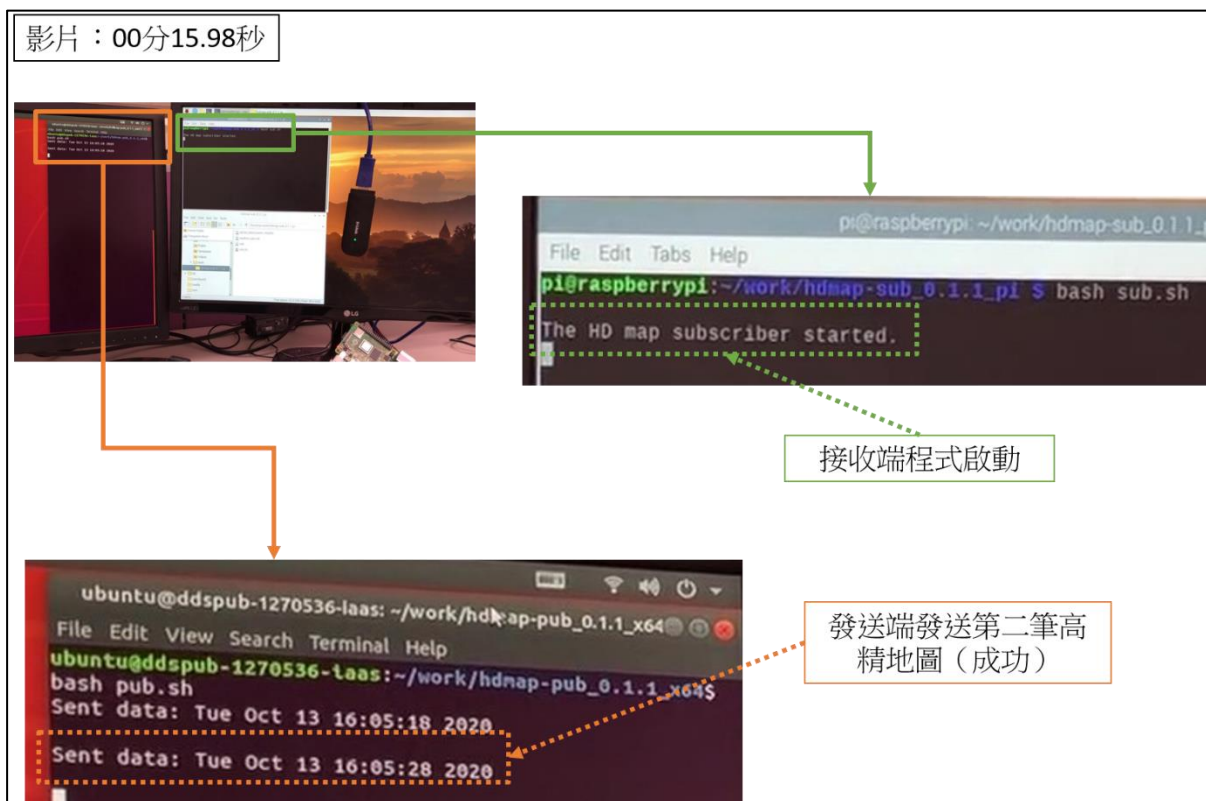


圖 4-14(c)、第二階段傳送平台實作測試 (進程 3)

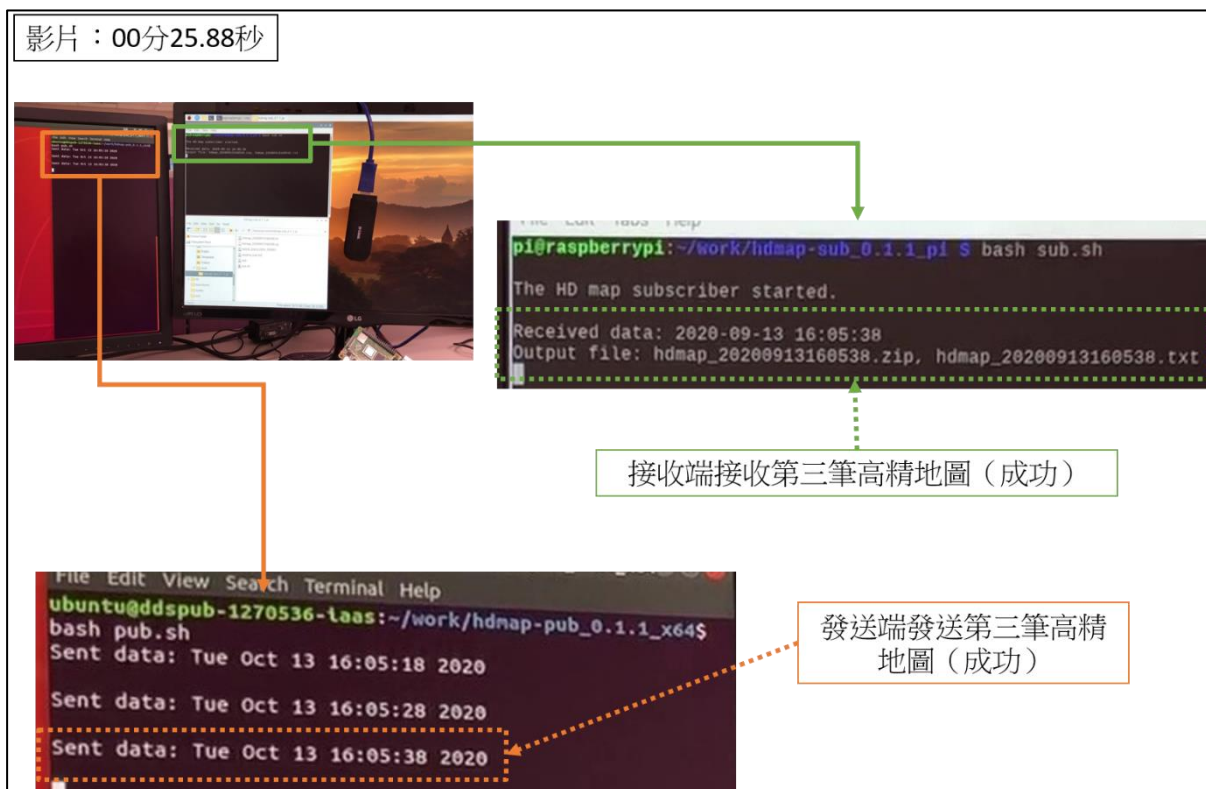


圖 4-14(d)、第二階段傳送平台實作測試 (進程 3)



圖4-14(e)、第二階段傳送平台實作測試（進程3）

4. 第三階段傳送平台實作與測試

第三階段的傳送平台的架構如圖 4-15，與第二階段相同，但測試分為兩步驟：1. 靜態測試：將樹莓派接收端實際放置在臺南沙崙的測試場域進行測試。2. 動態測試：考量到自駕車在行駛時位置會不斷改變，網路傳輸會與 4G 行動網路的換手機制（Handover，基地台交換機制）相關，即網路 IP 與行動裝置的連結要在不同基地台之間交換，因此模擬車輛行駛並同步接收高精地圖，故將樹莓派接收端放置在行駛車輛中並進行測試。

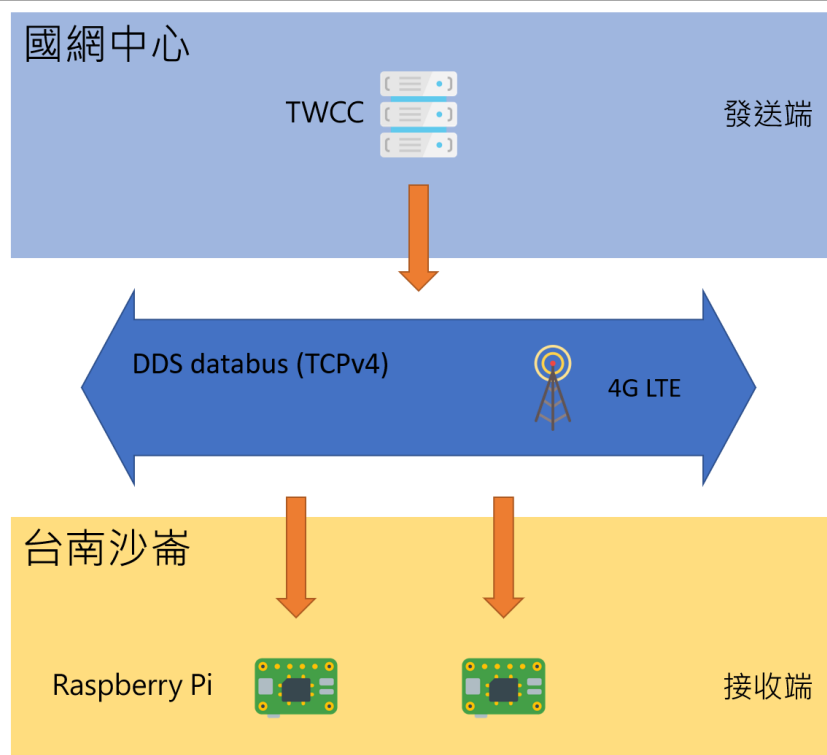


圖 4-15、第三階段傳送平台架構示意圖

靜態測試的整個測試進程標示於表 4-7，完整過程記錄在影片 4-16 中，相關截圖則位於圖 4-16(a)-(e)。成果顯示在臺南沙崙場域內可順利透過 4G LTE 行動網路利用 DDS 接收高精地圖。

表 4-7、第三階段傳送平台靜態測試進程

進程	作業項目	圖示
1	<ul style="list-style-type: none"> 發送端開機，完成網路連線。 接收端開機，完成網路連線。 	圖4-16(a)
2	<ul style="list-style-type: none"> 發送端啟動DDS發送程式，並開始連續發送高精地圖。 	圖4-16(b)
3	<ul style="list-style-type: none"> 接收端啟動DDS接收程式。 	圖4-16(c)
4	<ul style="list-style-type: none"> 接收端接收高精地圖。 	圖4-16(d)

影片：00分31.01秒



- 接收端（樹梅派）：
- 位在台南沙崙測試場域
 - 樹梅派配置4G LTE 行動網卡
 - 開機後自動完成網路連線

圖 4-16(a)、第三階段傳送平台：靜態測試（進程 1）

```

-rw-rw-r-- 1 ubuntu ubuntu    110 Oct 13 15:19 pub.sh
-rw-rw-r-- 1 ubuntu ubuntu    114 Oct 13 15:19 readme_pub.md
ubuntu@ddspub-1270536-iaas:~/work/hdmap-pub_0.1.1_x64$ bash pub.sh
Sent data: Tue Oct 13 15:54:36 2020
  
```

圖 4-16(b)、第三階段傳送平台實作測試：靜態測試（進程 2）

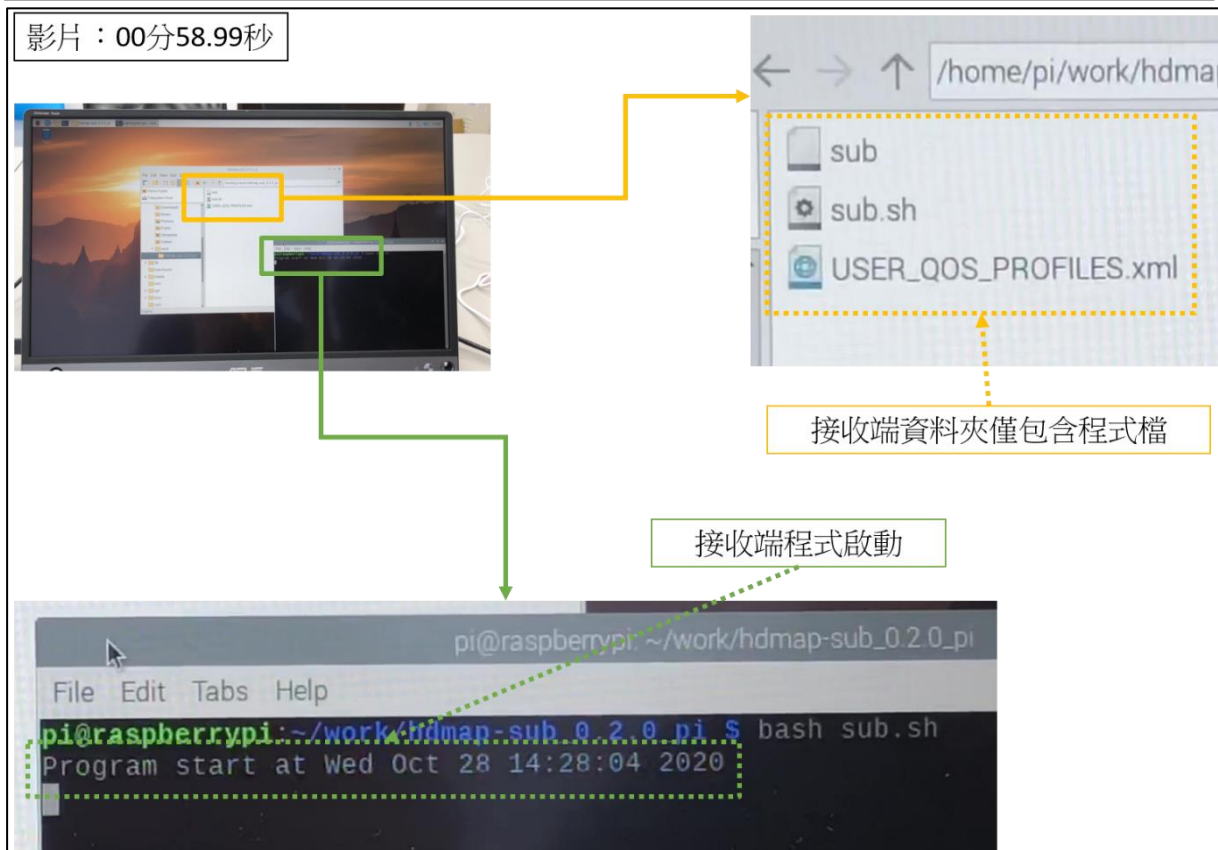


圖 4-16(c)、第三階段傳送平台實作測試：靜態測試（進程 3）

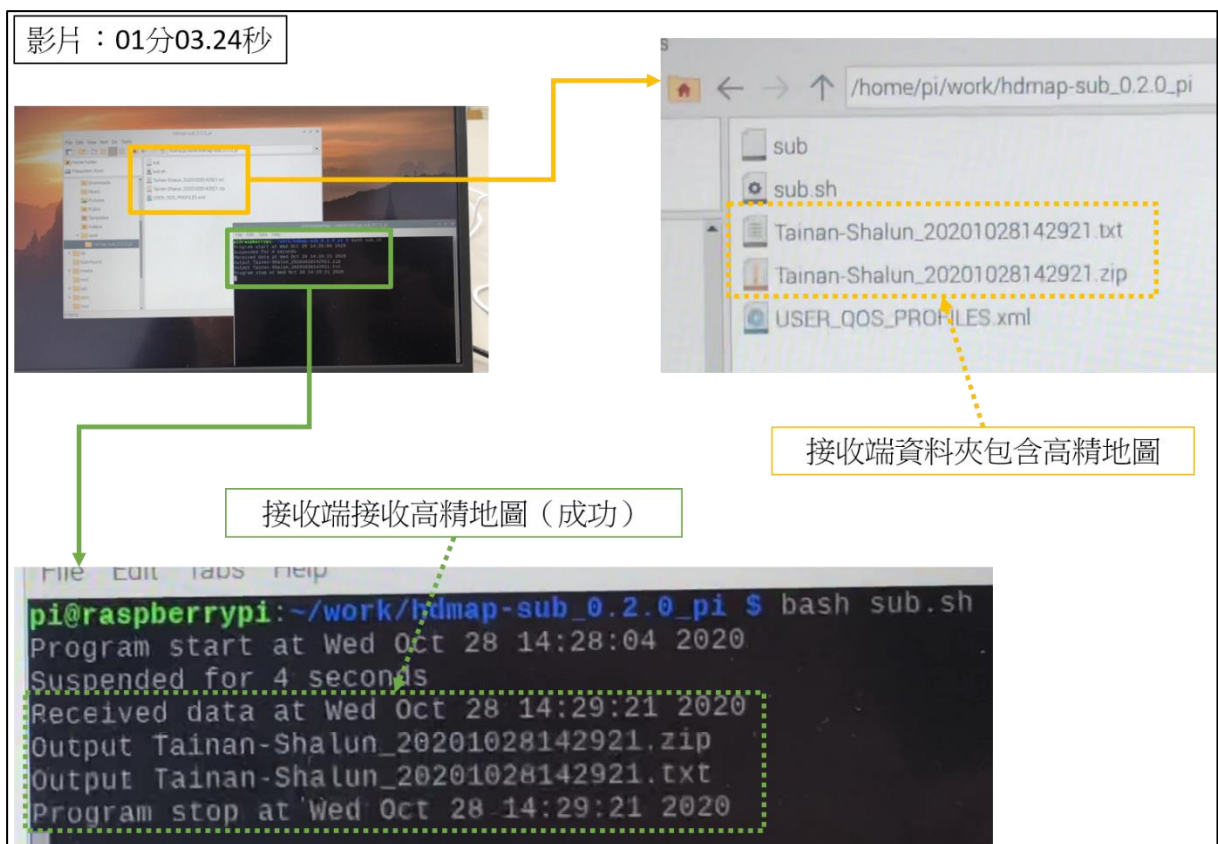


圖4-16(d)、第三階段傳送平台實作測試：靜態測試（進程4）

在動態測試中，發送端同樣置於 TWCC 之上，但改為間隔 4 秒發送一次，以利於短時間內監看傳輸情形，並配置備援系統 Persistence service 運行於 TWCC（請參看下一小節：5.建構 DDS 傳送平台備援系統）。發送端隨機發送 5 種不同版本的高精地圖，以模擬地圖更新的狀況，並提前數小時便開始發送。接收端則置於車輛上，車輛開始行駛後才開啟接收端，待網路連線完成後便開始接收高精地圖。表 4-8 標示了整個測試進程，影片 4-17 紀錄了發送端與 Persistence service 的運行。相關截圖則位於圖 4-17(a)-(e)。影片 4-18a 與影片 4-18b 則顯示了接收端的狀況，相關截圖則位於圖 4-18(a)-(e)。成果顯示動態接收實測成功，行駛的車輛可透過 4G LTE 行動網路利用 DDS 接收高精地圖，且能夠接收到更新的高精地圖。

表 4-8、第三階段傳送平台動態測試進程

進程	作業項目	圖示
1	<ul style="list-style-type: none"> 發送端開機，完成網路連線，並登入。 	圖4-17(a) 圖4-17(b)
2	<ul style="list-style-type: none"> 發送端啟動DDS發送程式，並開始連續發送高精地圖。 	圖4-17(c)
3	<ul style="list-style-type: none"> Persistence service開機，完成網路連線，並登入。 	圖4-17(d)
4	<ul style="list-style-type: none"> 啟動Persistence service。 	圖4-17(e)
5	<ul style="list-style-type: none"> 接收端置於行駛的車輛上，開機並完成4G LTE網路連線。 	圖4-18(a) 圖4-18(b)
6	<ul style="list-style-type: none"> 接收端啟動DDS接收程式。 	圖4-18(c)
7	<ul style="list-style-type: none"> 接收端接收高精地圖。 	圖4-18(d) 圖4-18(e)

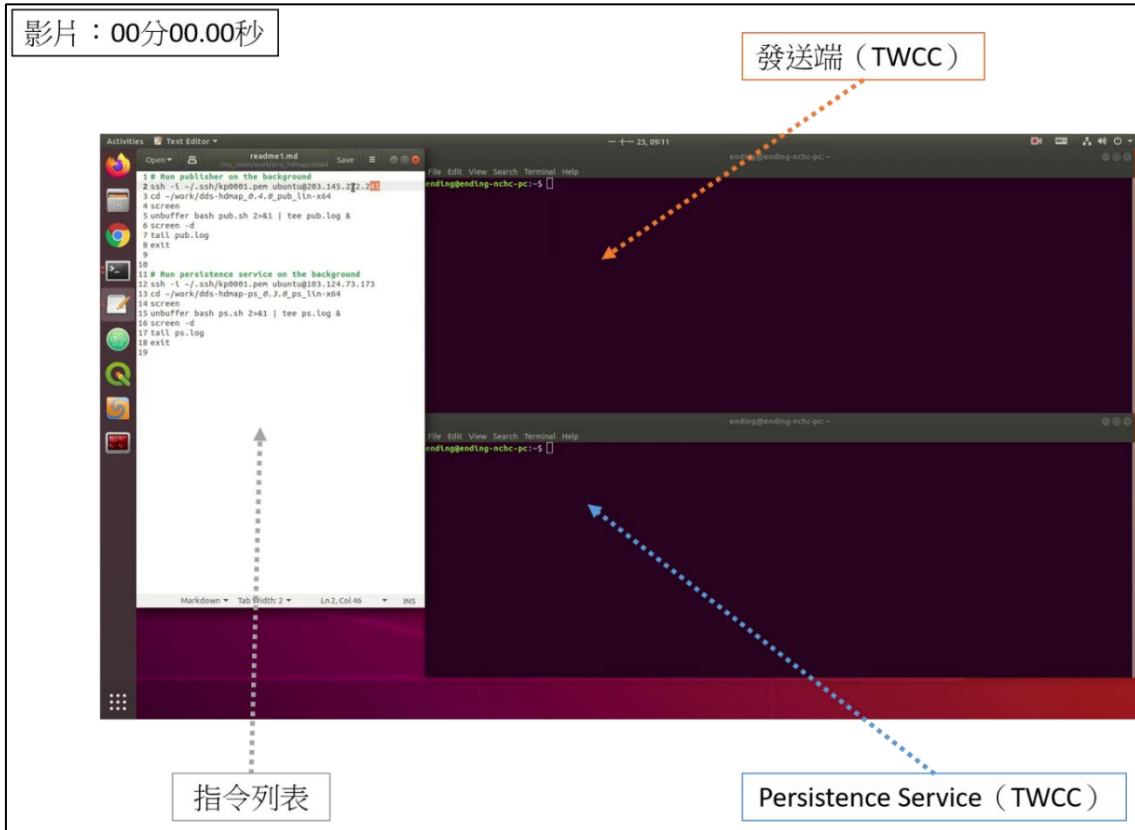


圖 4-17(a)、第三階段傳送平台實作測試：動態接收-發送端與 Persistence service (進程 1)

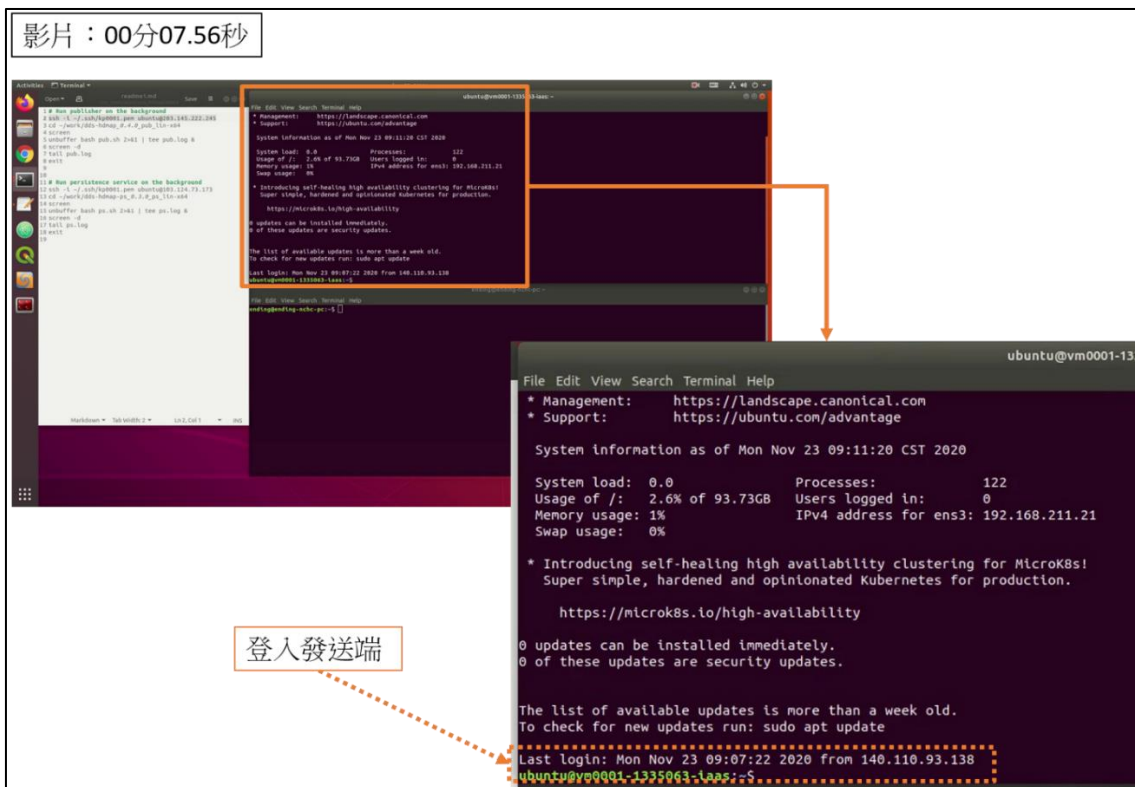


圖 4-17(b)、第三階段傳送平台實作測試：動態接收-發送端與 Persistence service (進程 1)

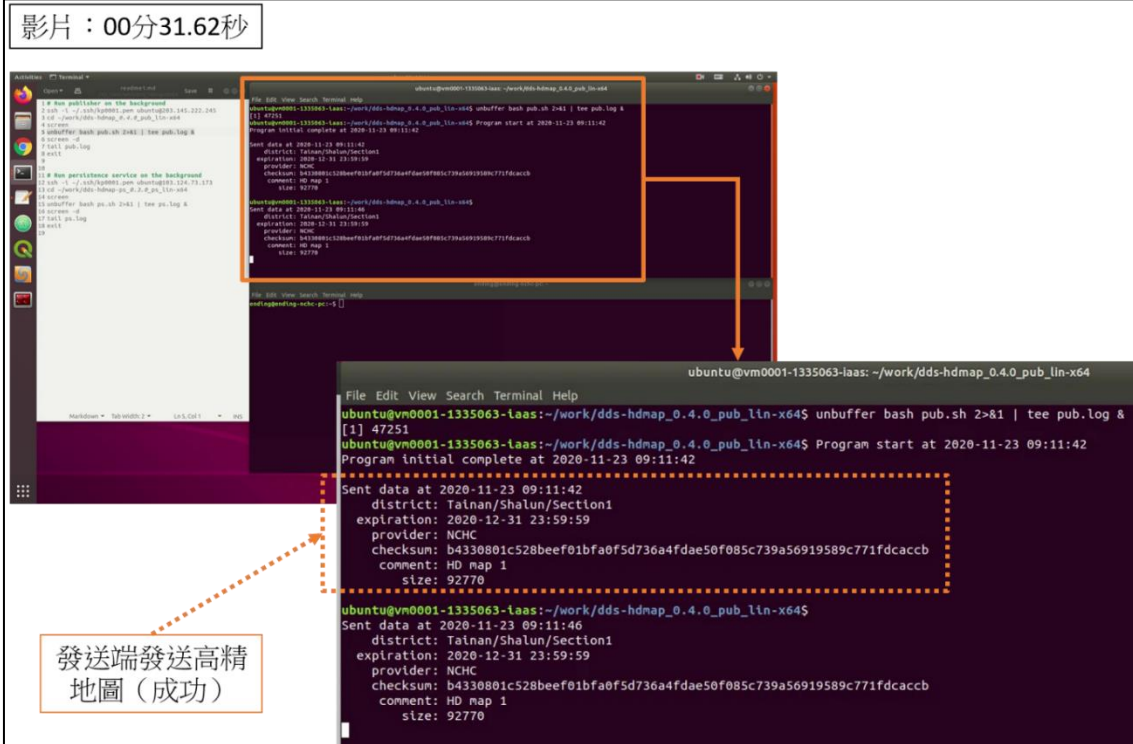


圖 4-17(c)、第三階段傳送平台實作測試：動態接收-發送端與 Persistence service（進程 2）

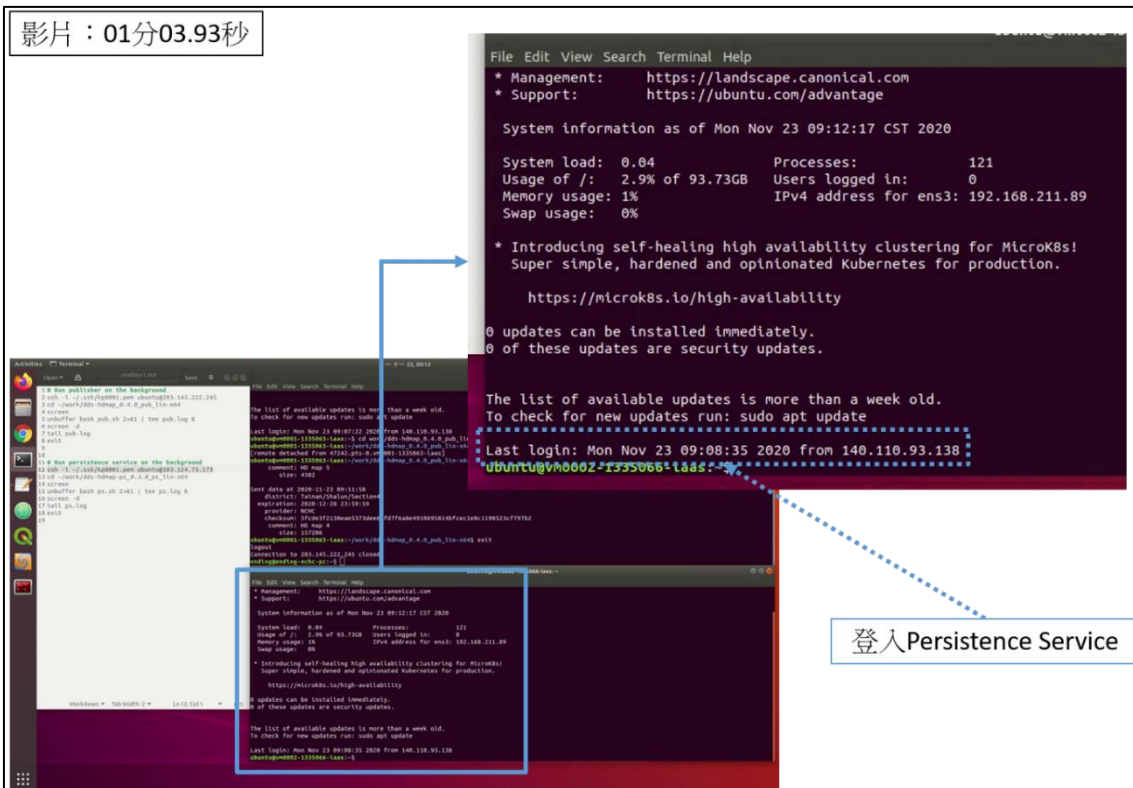


圖 4-17(d)、第三階段傳送平台實作測試：動態接收-發送端與 Persistence service（進程 3）

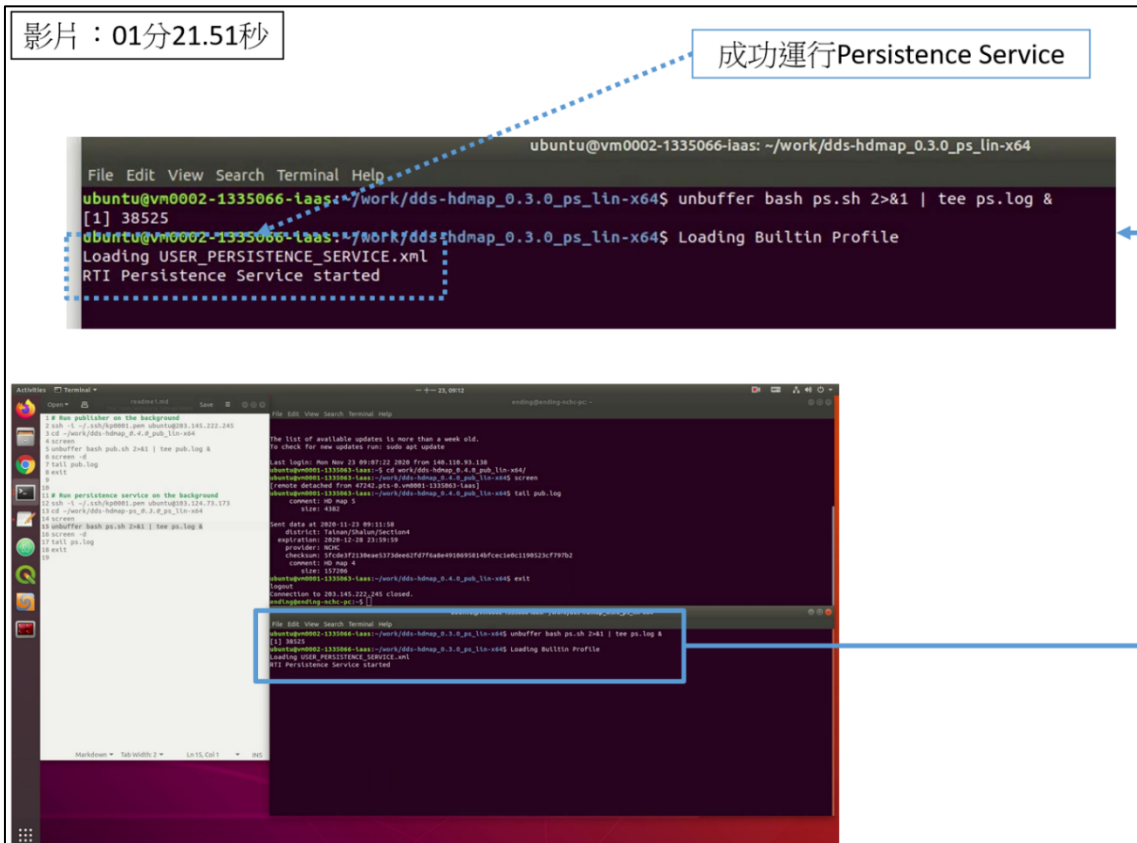


圖 4-17(e)、第三階段傳送平台實作測試：動態接收-發送端與 Persistence service（進程 4）

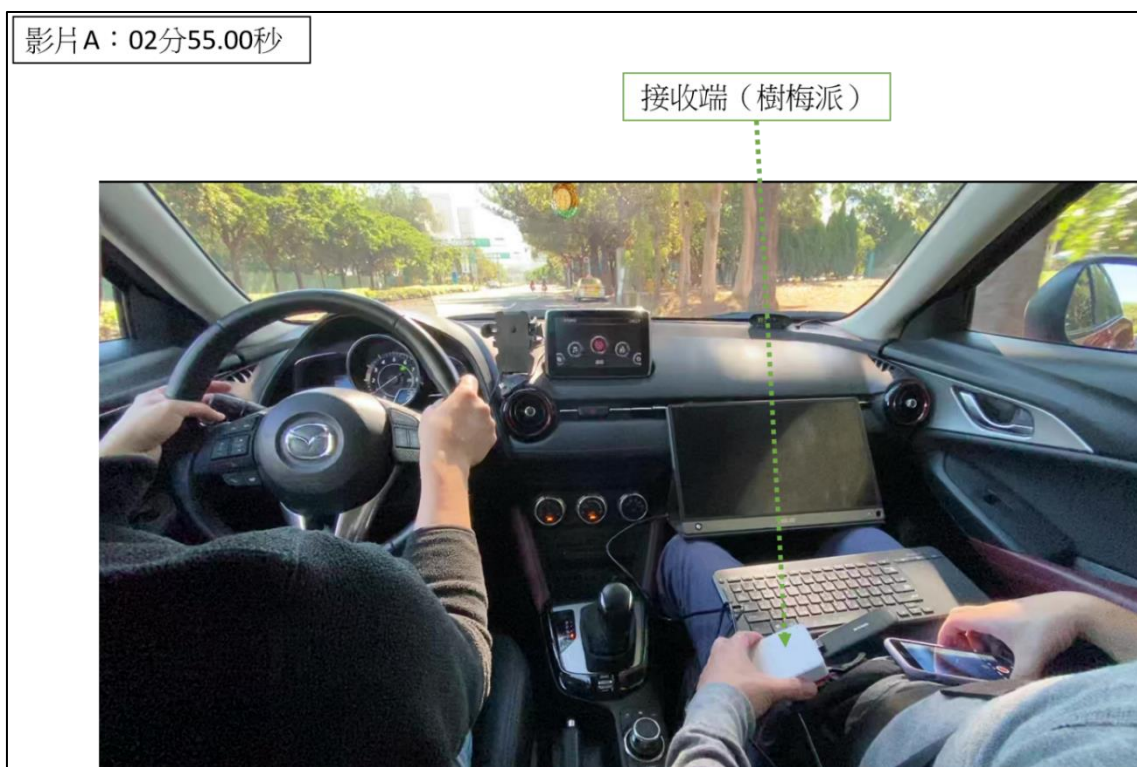


圖 4-18(a)、第三階段傳送平台實作測試：動態接收-接收端（進程 5）

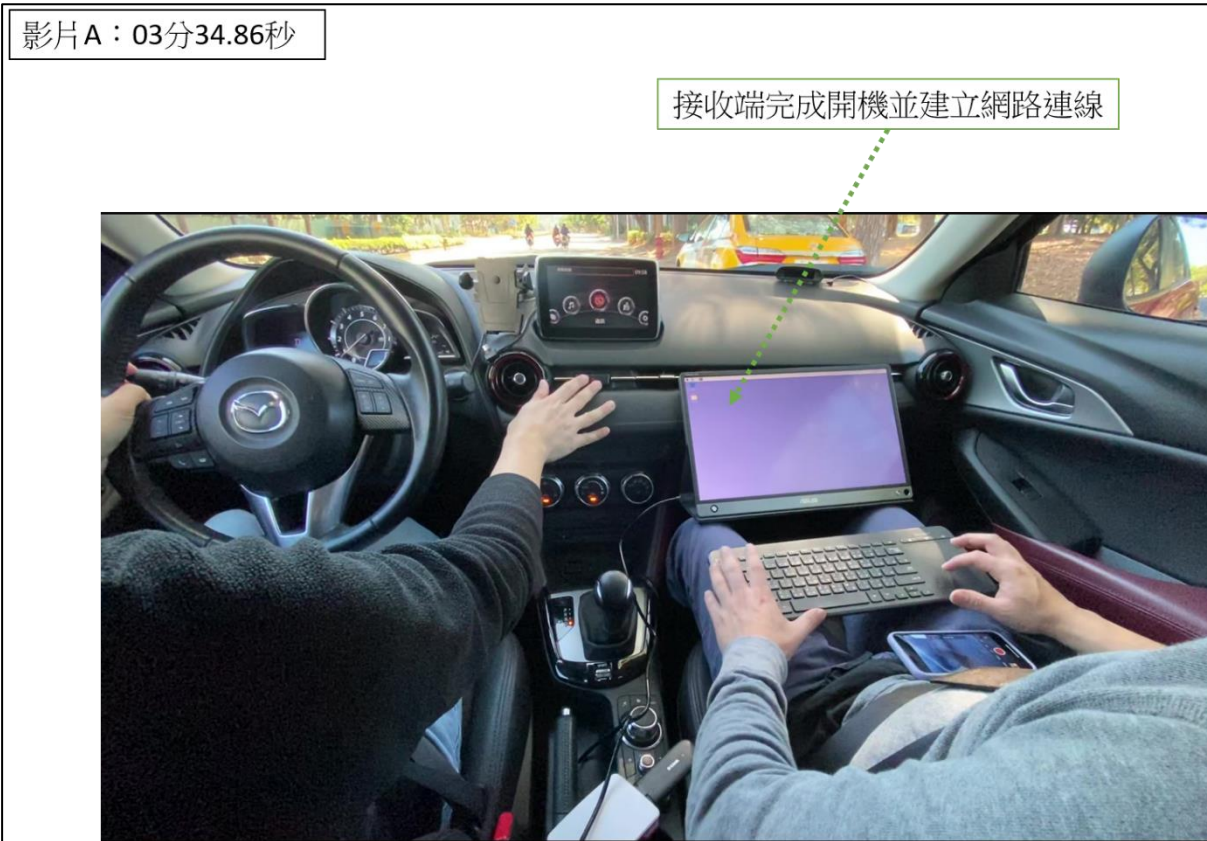


圖 4-18(b)、第三階段傳送平台實作測試：動態接收-接收端（進程 5）

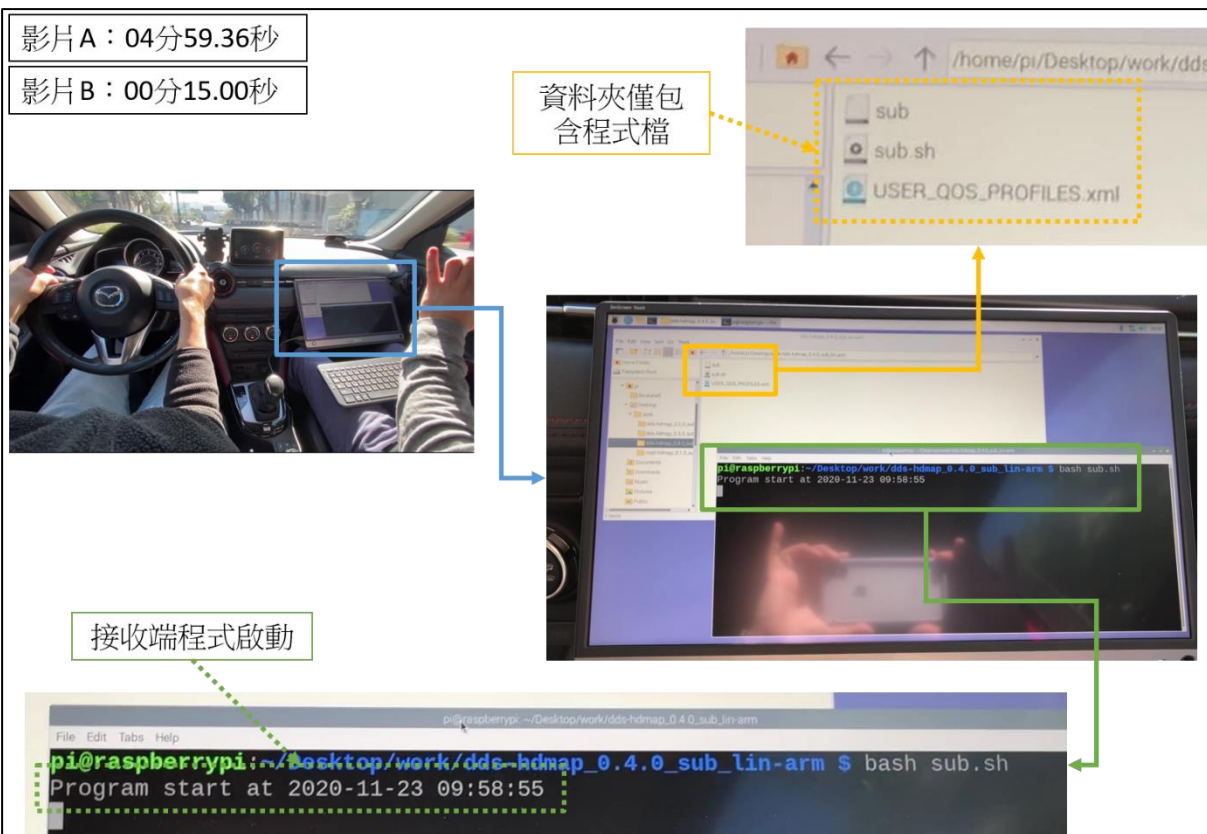


圖 4-18(c)、第三階段傳送平台實作測試：動態接收-接收端（進程 6）

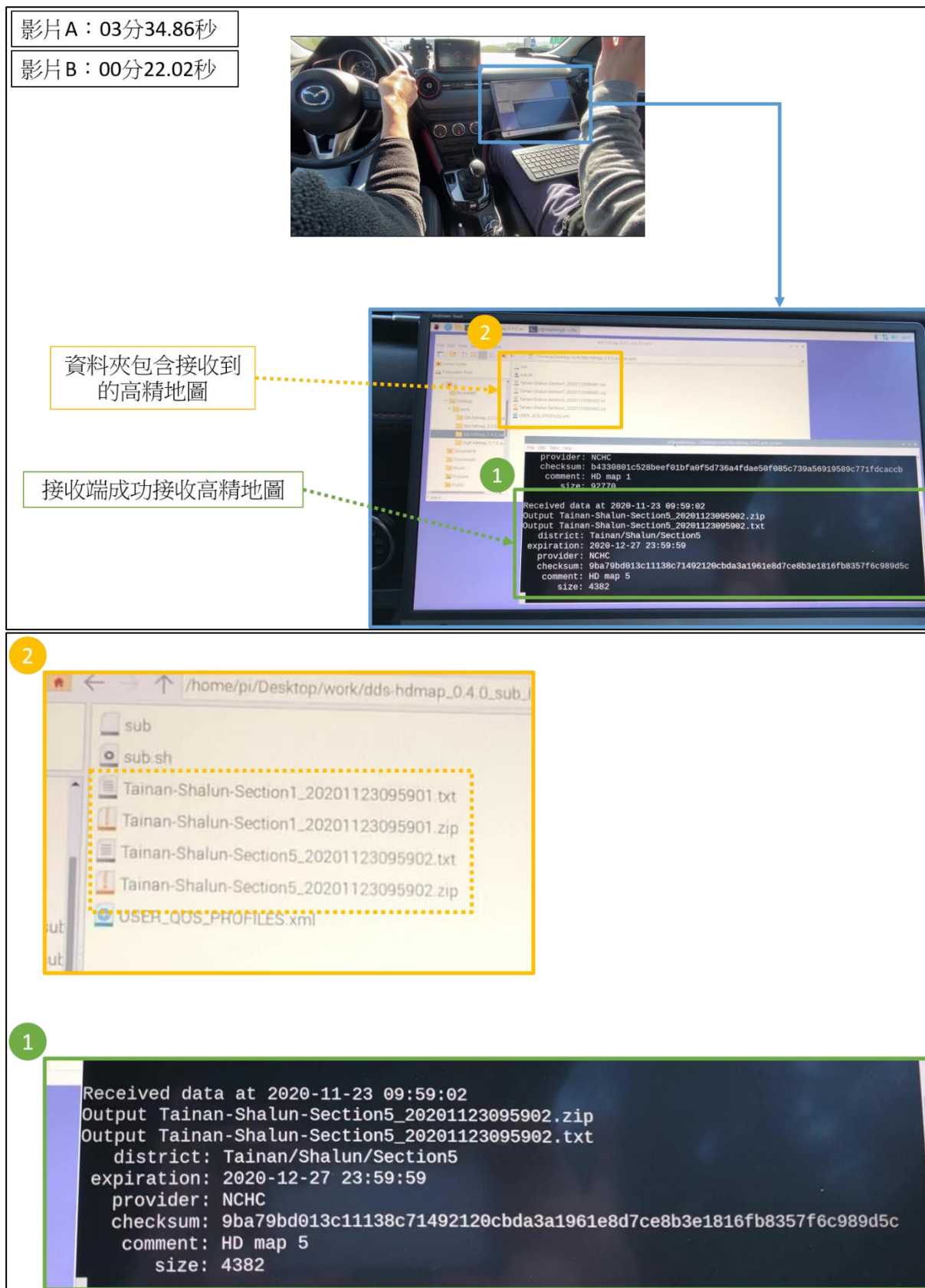
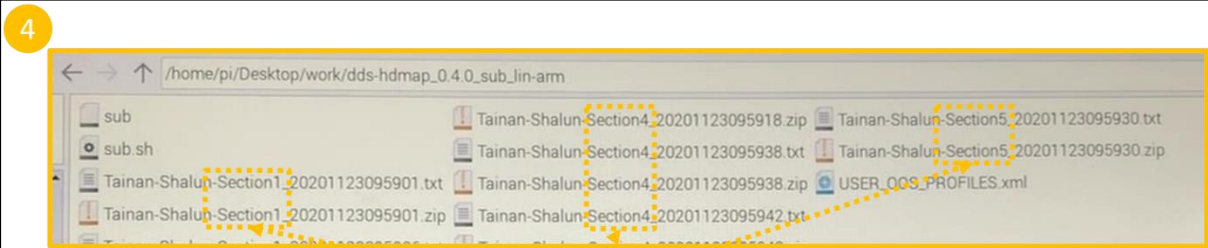
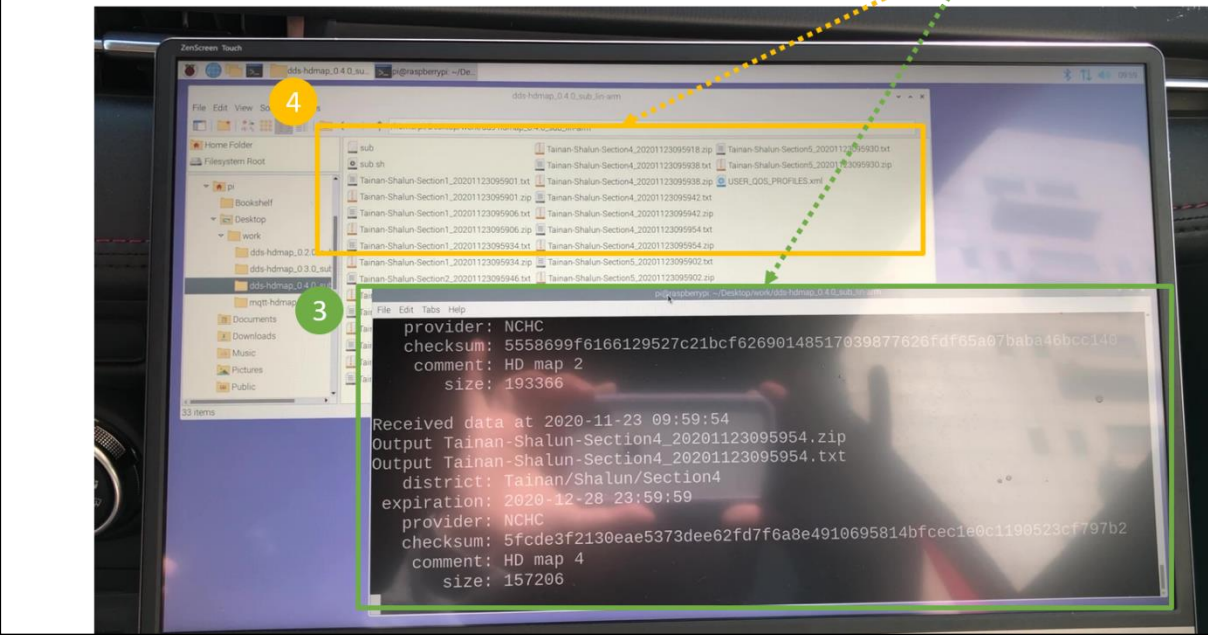


圖 4-18(d)、第三階段傳送平台實作測試：動態接收-接收端（進程 7）

影片 A : 05分29.08秒
 影片 B : 01分15.12秒

接收端持續接收高精地圖



包含不同版本的高精地圖

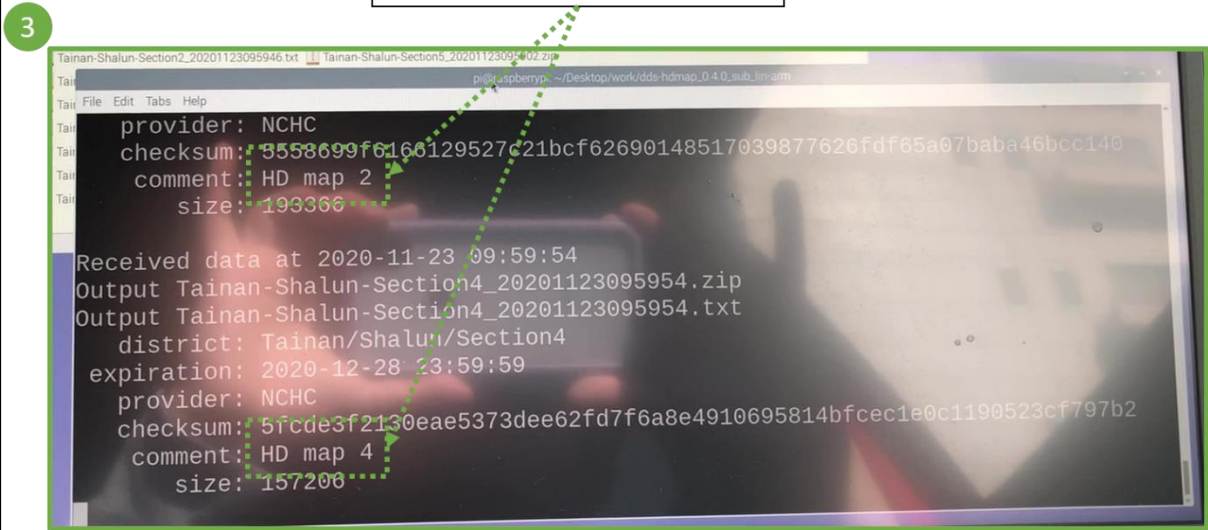


圖 4-18(e)、第三階段傳送平台實作測試：動態接收-接收端（進程 7）

5. 建構 DDS 傳送平台備援系統 (Persistence Service)

為了增加平台的穩固性，在各個 DDS 領域會再加入一台運行 DDS Persistence Service 的端點 (圖 4-19)。DDS Persistence Service 的功用為保存 DDS 領域中一定量的最新訊息，且保留的量可以自由設定。有了 DDS Persistence Service，當 DDS 發送端發生問題而無法運作時，可以讓新加入的 DDS 接收端仍能夠接收到最新訊息。類似的狀況若發生在以 MQTT 建構的傳送平台，則情況完全不同。當 MQTT 發送端發生問題時，新加入的 MQTT 接收端僅能接收到最後一則訊息 (此訊息需事先設定為保留)。若 MQTT 代理人伺服器發生問題，則新加入的 MQTT 接收端無法接收到任何訊息。

DDS Persistence Service 是 RTI Connex DDS 提供的一支程式。以下為本案例中該程式所使用的 QoS 參數：

```
<?xml version="1.0"?>
<dds xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xsi:noNamespaceSchemaLocation="http://community.rti.com/schema/6.0.1/rti_persistence_service.xsd">
  <persistence_service name="DefaultService">
    <participant name="DefaultParticipant">
      <domain_id>0</domain_id>
      <participant_qos>
        <transport_builtin>
          <mask>MASK_NONE</mask>
        </transport_builtin>
        <property>
          <value>
            <element>
              <name>dds.transport.load_plugins</name>
              <value>dds.transport.tcp</value>
            </element>
            <element>
              <name>dds.transport.tcp.library</name>
              <value>nddstransporttcp</value>
            </element>
            <element>
              <name>dds.transport.tcp.create_function</name>
              <value>NDDS_Transport_TCPv4_create</value>
            </element>
            <element>
              <name>dds.transport.tcp.parent.classid</name>
              <value>NDDS_TRANSPORT_CLASSID_TCPV4_WAN</value>
            </element>
            <element>
              <name>dds.transport.tcp.public_address</name>
              <value>103.124.73.173:7400</value>
            </element>
            <element>
              <name>dds.transport.tcp.server_bind_port</name>
              <value>7400</value>
            </element>
          </value>
        </property>
      </participant_qos>
    </participant>
  </persistence_service>
</dds>
```

```

        </element>
        </value>
    </property>
    <discovery>
        <initial_peers>
            <element>tcpv4_wan://203.145.222.245:7400</element>
        </initial_peers>
    </discovery>
</participant_qos>
<persistence_group name="DefaultGroup">
    <filter>*</filter>
    <single_publisher>true</single_publisher>
    <single_subscriber>true</single_subscriber>
    <use_durability_service>1</use_durability_service>
    <datawriter_qos>
        <publish_mode>
            <kind>ASYNCHRONOUS_PUBLISH_MODE_QOS</kind>
        </publish_mode>
        <reliability>
            <kind>DDS_RELIABLE_RELIABILITY_QOS</kind>
        </reliability>
        <history>
            <kind>DDS_KEEP_LAST_HISTORY_QOS</kind>
            <depth>1</depth>
        </history>
    </datawriter_qos>
    <datareader_qos>
        <reliability>
            <kind>DDS_RELIABLE_RELIABILITY_QOS</kind>
        </reliability>
        <history>
            <kind>DDS_KEEP_LAST_HISTORY_QOS</kind>
            <depth>1</depth>
        </history>
    </datareader_qos>
</persistence_group>
</participant>
</persistence_service>
</dds>

```

此組參數設定 DDS Persistence Service 僅保留最新一筆訊息，以減少網路與設備的資源浪費。目前本案將 DDS Persistence Service 架設於 TWCC 之上，以方便測試。在實際運作時，將 DDS Persistence Service 架設於其他機器是較安全的選擇。圖 4-20 為 DDS Persistence Service 在 TWCC 上的運行範例。

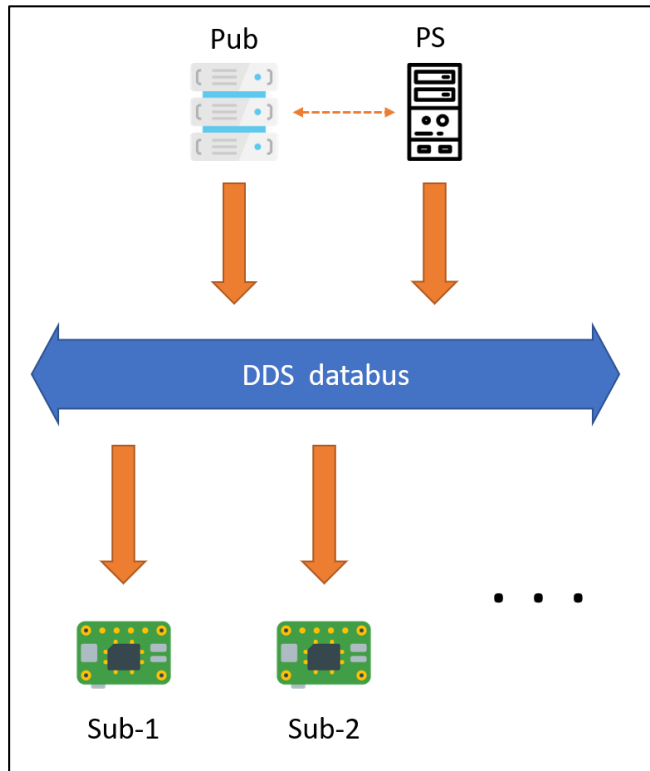


圖 4-19、加入 DDS Persistence Service 的網路架構

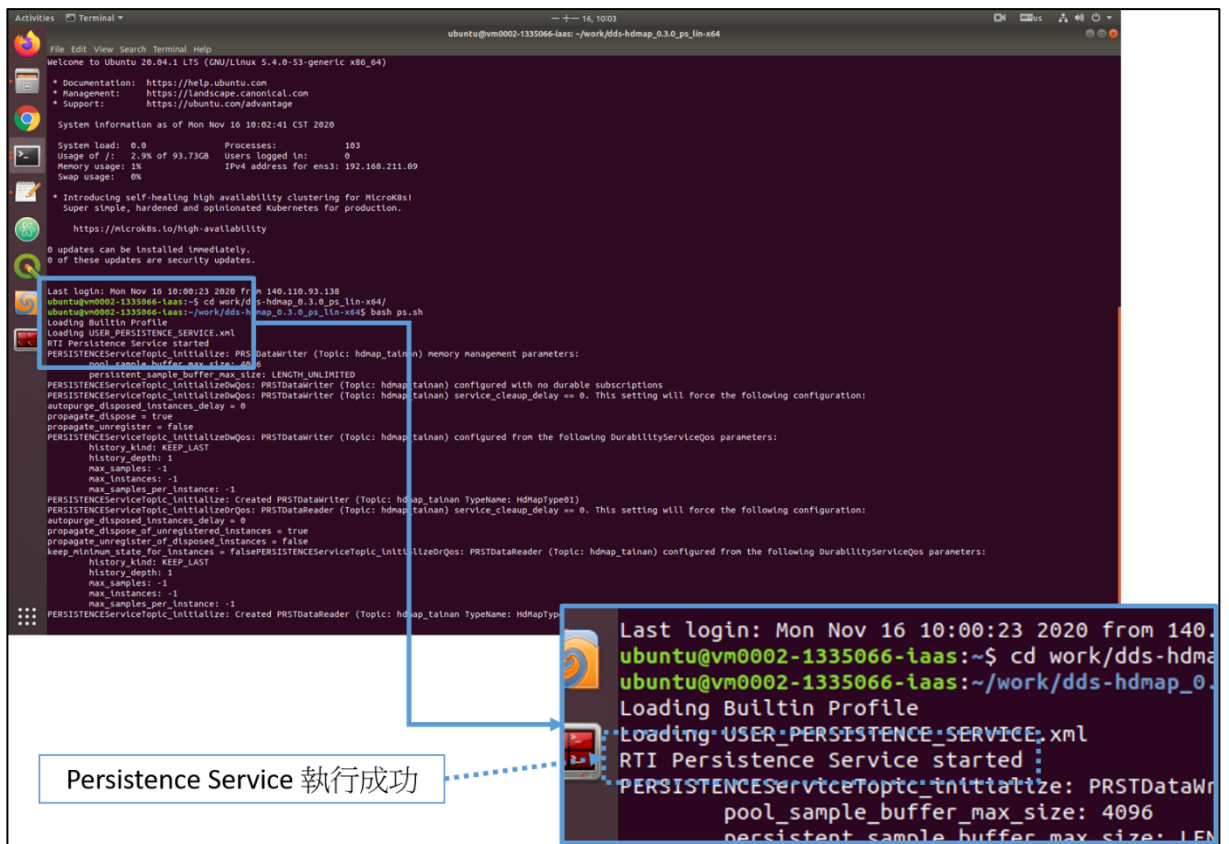


圖 4-20、DDS Persistence Service 的運行範例

6. 比較 DDS 與 MQTT

為了瞭解 MQTT 與 DDS 兩者在遭遇發送端問題時的反應與備援處理，除了 DDS 傳送平台，本案也建構了一個簡易的高精地圖 MQTT 傳送平台。並將 DDS 與 MQTT 傳送平台兩者同時運作，且關閉 DDS 的發送端與 MQTT 的代理人伺服器，以此模擬高精地圖派發設備損壞或斷線。接著將兩平台各自加入一個新的接收端，模擬新加入的車輛是否可以有限度的獲取高精地圖（圖 4-21、圖 4-22）。

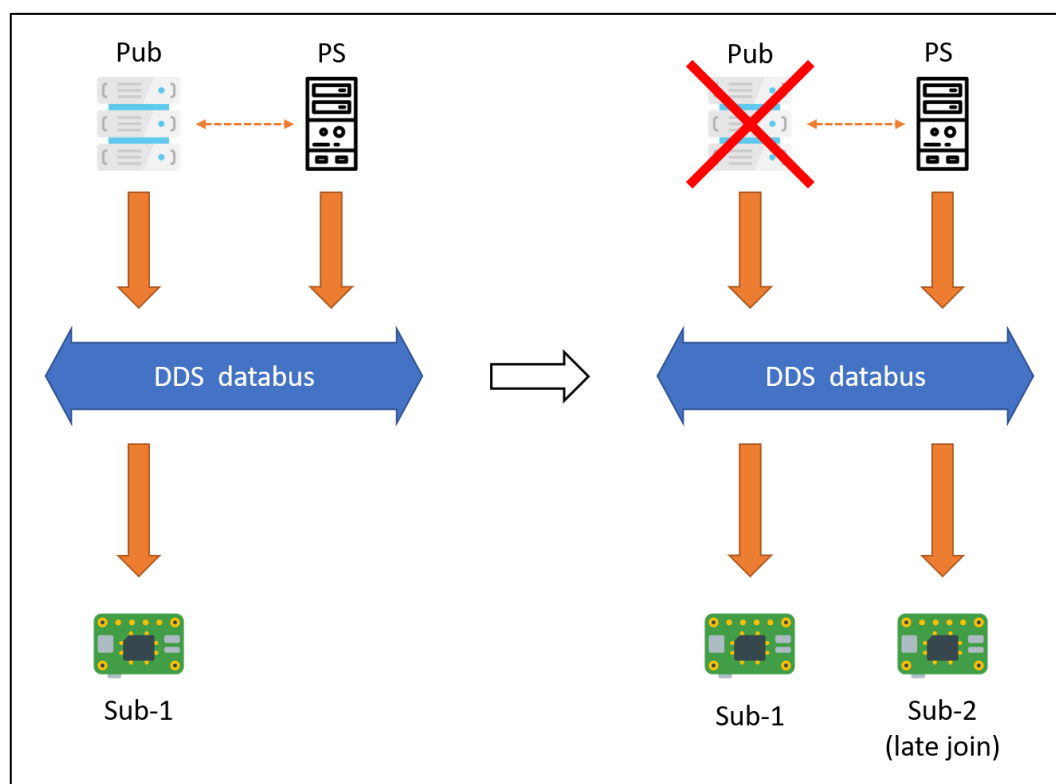


圖 4-21、DDS 發送端離線測試

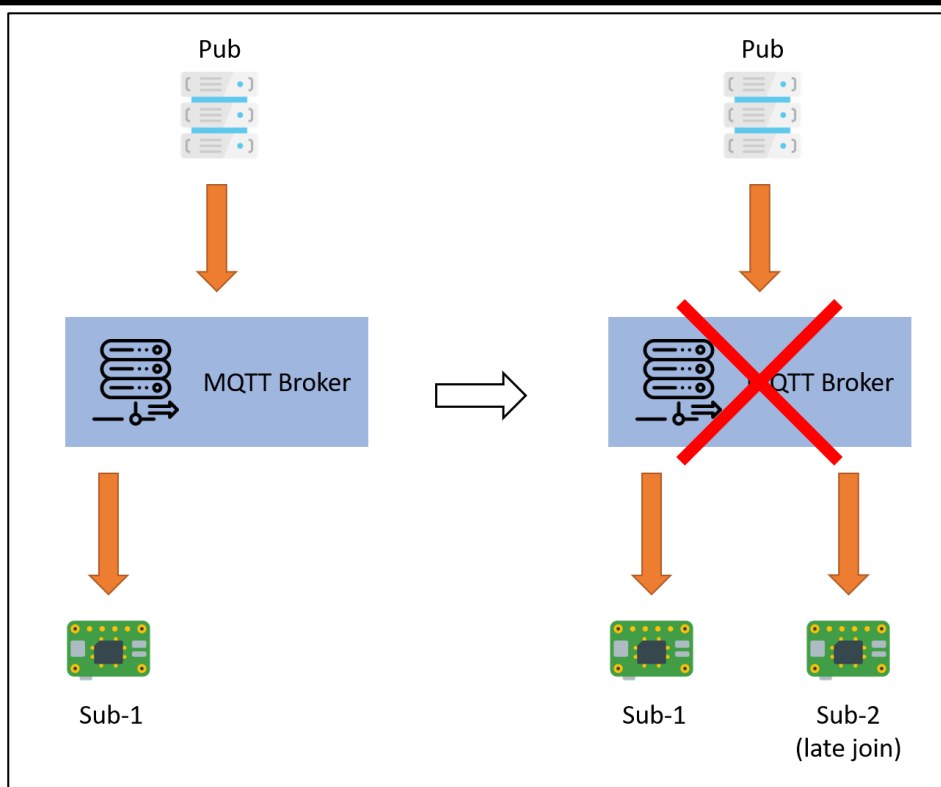


圖 4-22、MQTT Broker 離線測試

在 DDS 的模擬測試中，各設定大致沿用第三階段傳送平台實作的參數。但 DDS 訊息欄位定義變更如表 4-9。

表 4-9、DDS 訊息欄位定義表（與 MQTT 比較之模擬測試）

district	高精地圖所屬區域。
expiration	高精地圖有效期限
provider	高精地圖生成單位
checksum	高精地圖 zip 壓縮檔 SHA256 校驗碼
information	高精地圖相關資訊摘要
hdmap	高精地圖 zip 壓縮檔

DDS 發送端與接收端的 QoS 設定如下：

```

<?xml version="1.0"?>
<dds xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xsi:noNamespaceSchemaLocation="http://community.rti.com/schema/6.0.1/rti_dds_qos_profiles.xsd">
  <qos_library name="hdmatype_Library">
    <qos_profile name="hdmatype_Library" is_default_qos="true">
      <datawriter_qos>
        <!-- Reliable large data must collaborate with the asynchronous publish mode -->
        <publish_mode>
          <kind>ASYNCHRONOUS_PUBLISH_MODE_QOS</kind>
        </publish_mode>
        <reliability>
          <kind>DDS_RELIABLE_RELIABILITY_QOS</kind>
        </reliability>
        <history>
          <kind>DDS_KEEP_LAST_HISTORY_QOS</kind>
          <depth>1</depth>
        </history>
        <durability>
          <kind>DDS_TRANSIENT_DURABILITY_QOS</kind>
        </durability>
      </datawriter_qos>
      <datareader_qos>
        <reliability>
          <kind>DDS_RELIABLE_RELIABILITY_QOS</kind>
        </reliability>
        <history>
          <kind>DDS_KEEP_LAST_HISTORY_QOS</kind>
          <depth>1</depth>
        </history>
        <durability>
          <kind>DDS_TRANSIENT_DURABILITY_QOS</kind>
        </durability>
      </datareader_qos>
    </qos_profile>
  </qos_library>
</dds>

```

上述高精地圖的有效期限（expiration 欄位）目前設定為發布後的 4 小時之內，實際運作時可視情況進一步拉長。此外，發送端也變更為每 4 小時發送一次高精地圖。接收端以監聽的方式接收，只要收到高精地圖便立刻顯示並儲存。由於 QoS 的設定，即便接收端在發送端兩次發布之間進行接收，也可以接收到高精地圖。表 4-10 標示了整個測試進程，影片 4-23 紀錄了整個測試流程，圖 4-23(a)-(i) 列示相關的影片截圖。成果顯示在 DDS 發送端離線之後，新加入的 DDS 接收端（車輛）仍能接收到高精地圖。

表 4-10、DDS 發送端離線測試進程

進程	作業項目	圖示
1	<ul style="list-style-type: none"> 發送端開機，完成網路連線。 Persistence service開機，完成網路連線。 接收端一開機，完成網路連線。 接收端二開機，完成網路連線。 	圖4-23(a)
2	<ul style="list-style-type: none"> 發送端啟動DDS發送程式，並開始發送高精地圖。 	圖4-23(b)
3	<ul style="list-style-type: none"> 接收端一啟動DDS接收程式，接收高精地圖，關閉DDS接收程式。 	圖4-23(c)
4	<ul style="list-style-type: none"> 啟動Persistence service。 	圖4-23(d)
5	<ul style="list-style-type: none"> 接收端一再次啟動DDS接收程式，接收高精地圖，關閉DDS接收程式。 	圖4-23(e)
6	<ul style="list-style-type: none"> 發送端離線。 	圖4-23(f)
7	<ul style="list-style-type: none"> 接收端二啟動DDS接收程式，接收高精地圖，關閉DDS接收程式。 	圖4-23(g)
8	<ul style="list-style-type: none"> 發送端回復連線，再次發送高精地圖。 	圖4-23(h)
9	<ul style="list-style-type: none"> 接收端二再次啟動DDS接收程式，接收高精地圖，關閉DDS接收程式。 	圖4-23(i)

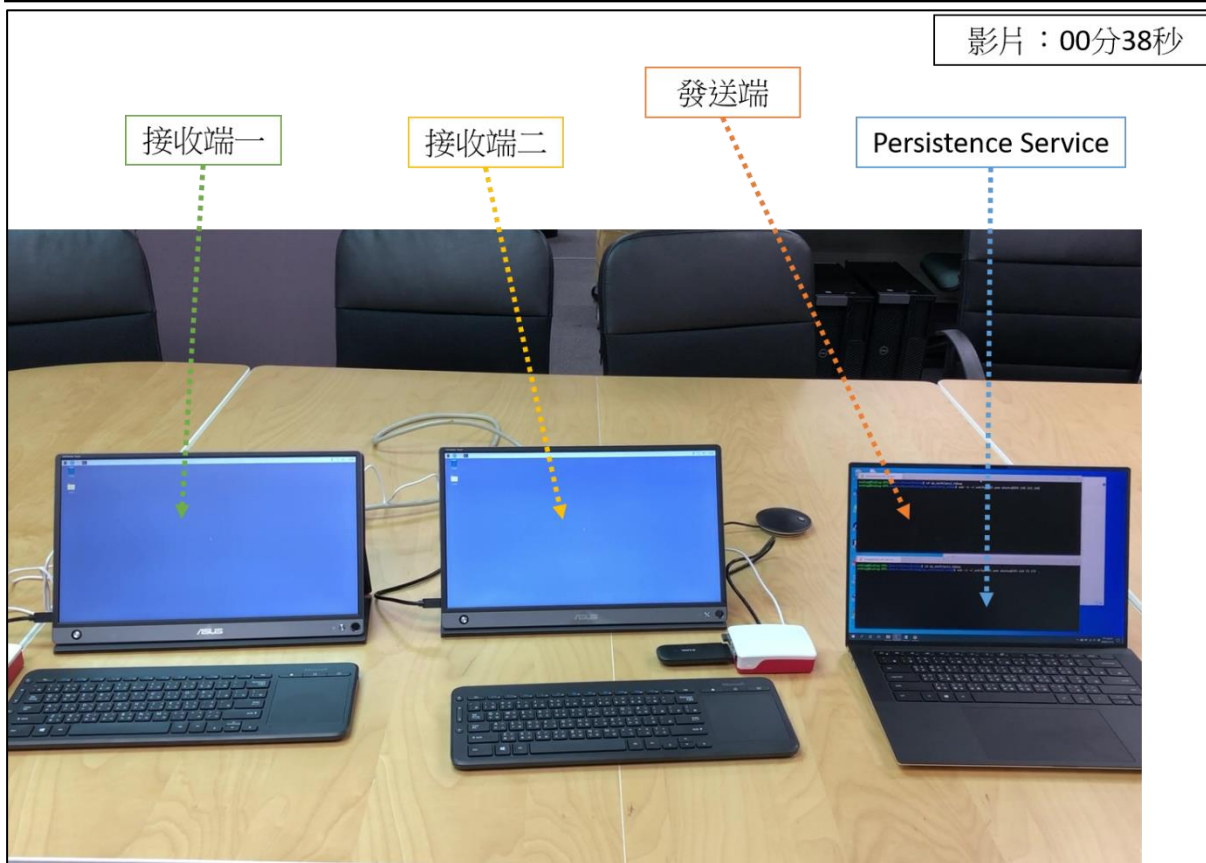


圖 4-23(a)、DDS 發送端離線測試（進程 1）

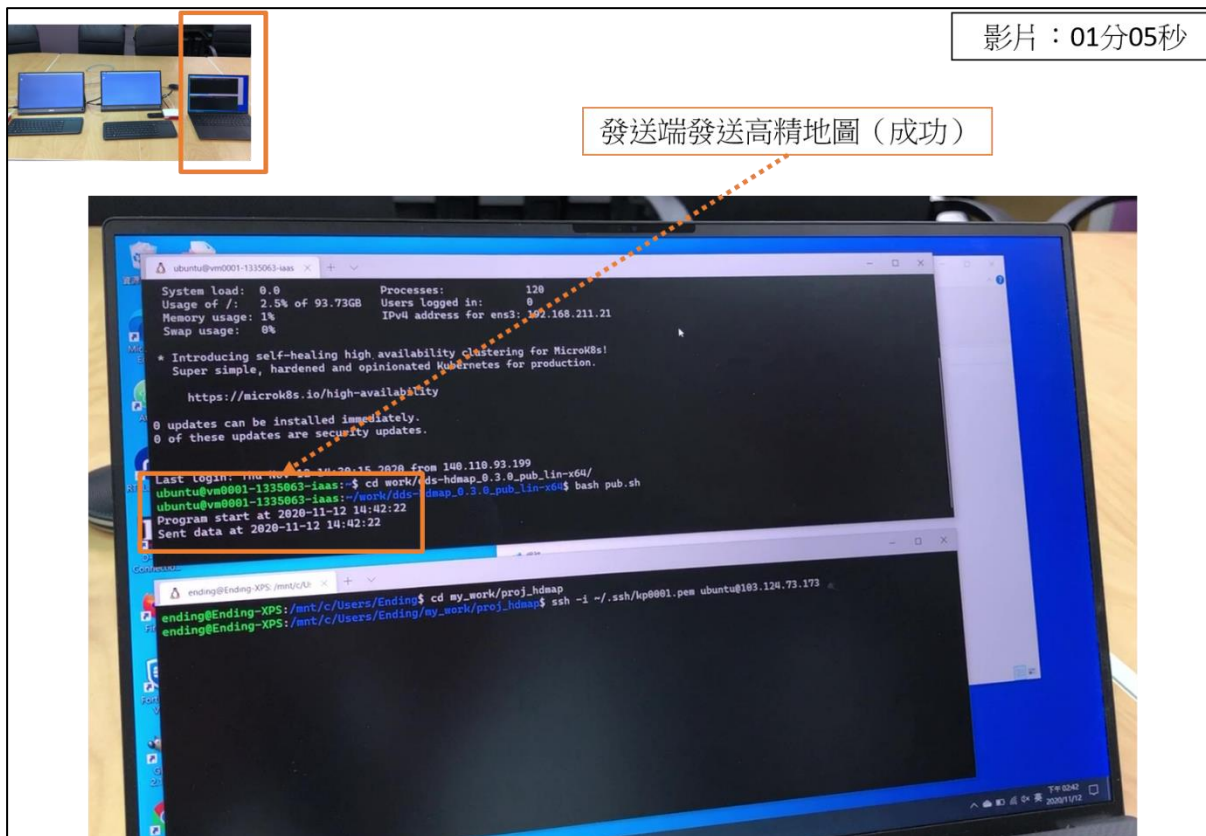


圖 4-23(b)、DDS 發送端離線測試（進程 2）

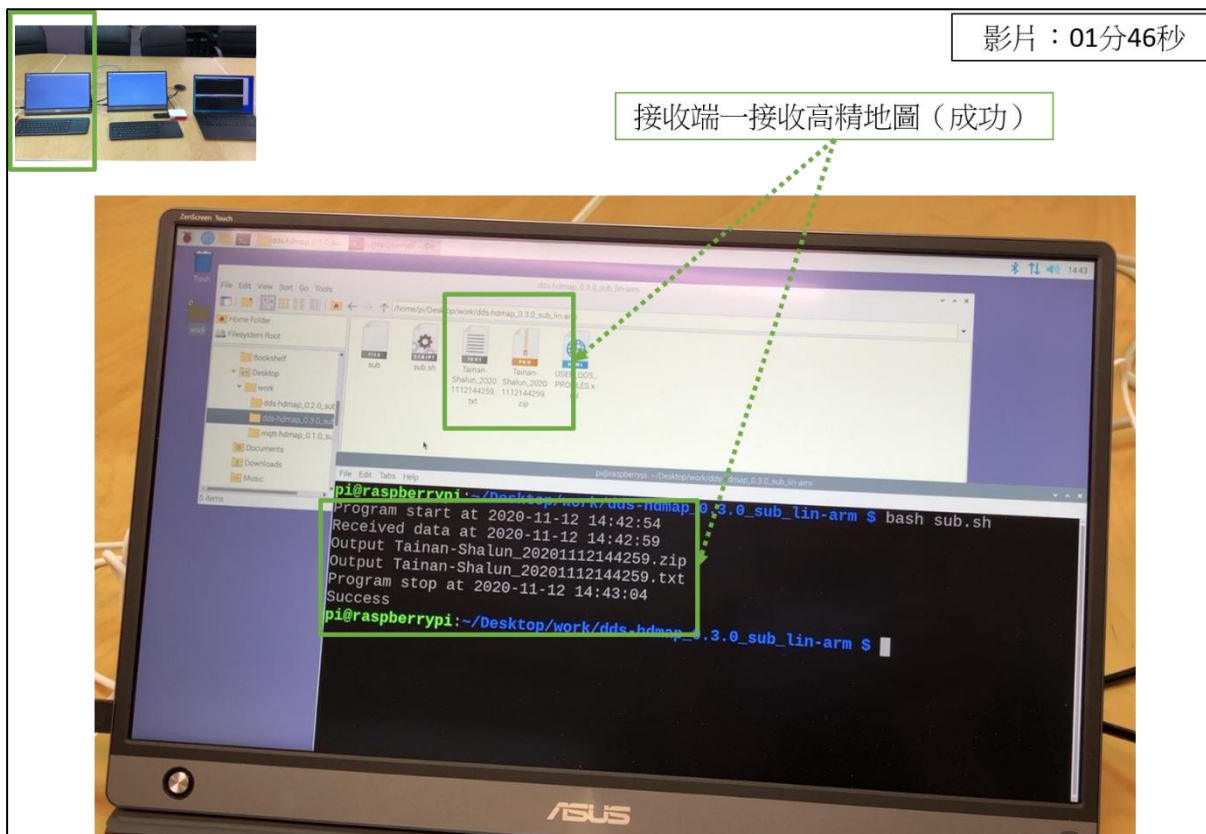


圖 4-23(c)、DDS 發送端離線測試（進程 3）

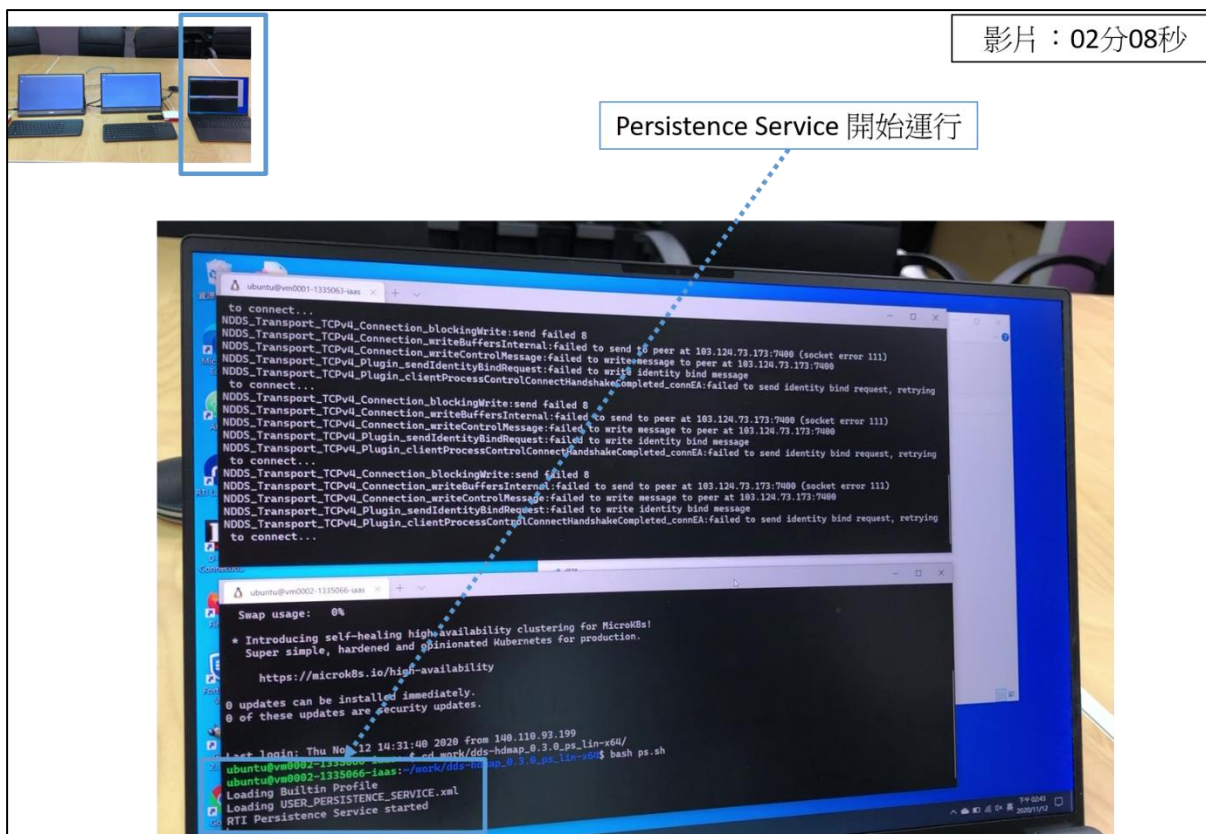
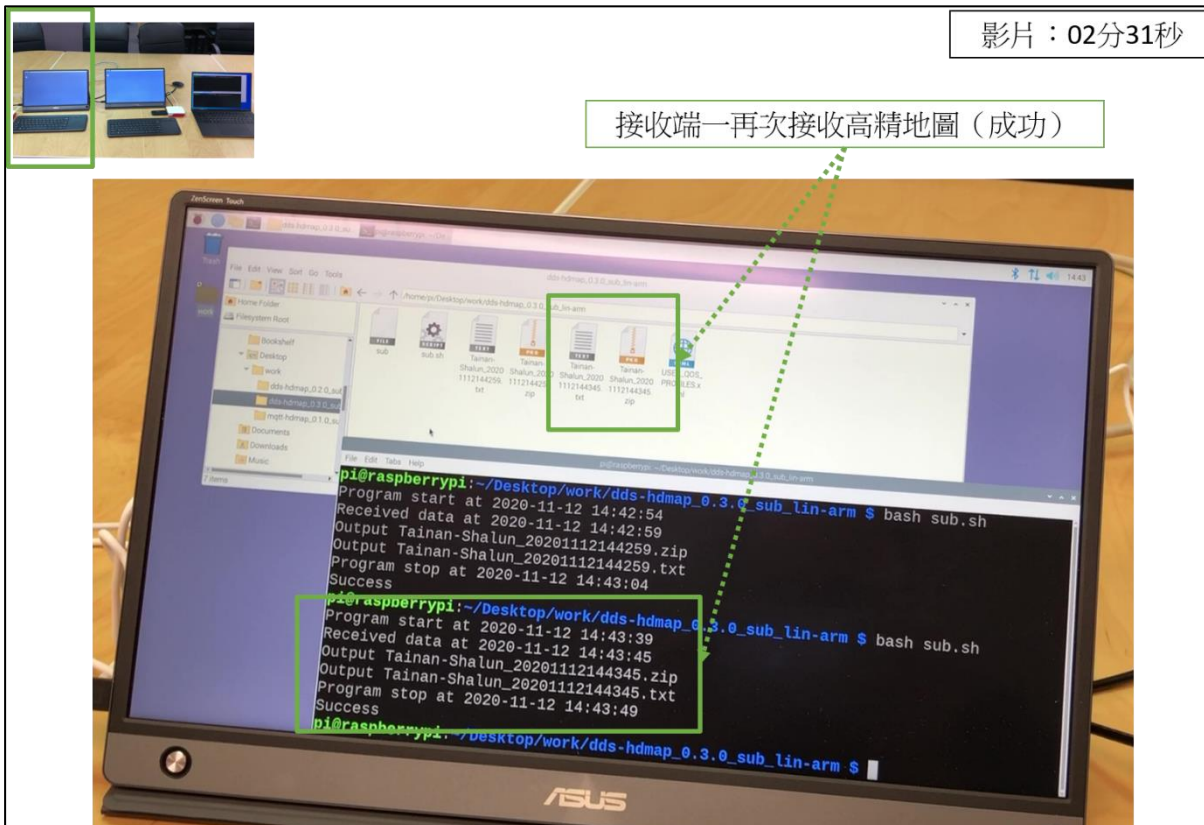


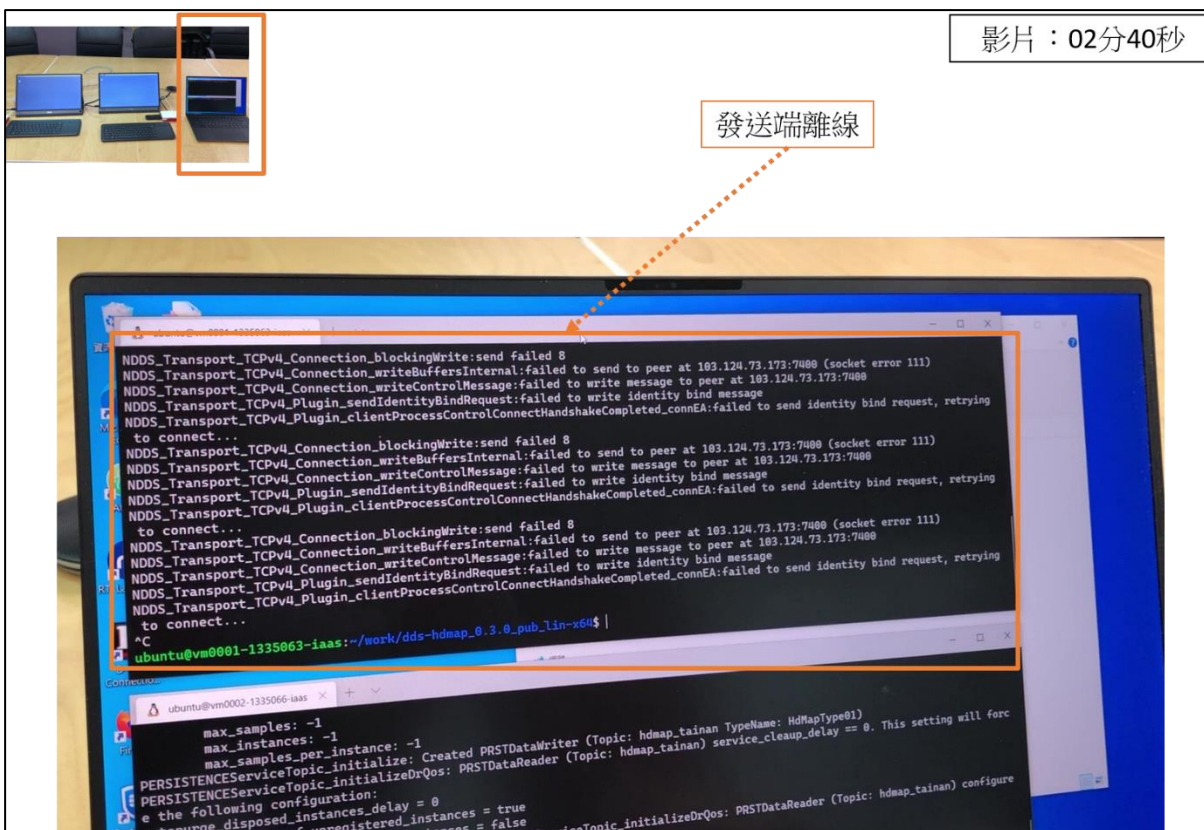
圖 4-23(d)、DDS 發送端離線測試（進程 4）



影片：02分31秒

接收端一再次接收高精地圖（成功）

圖 4-23(e)、DDS 發送端離線測試（進程 5）



影片：02分40秒

發送端離線

圖 4-23(f)、DDS 發送端離線測試（進程 6）

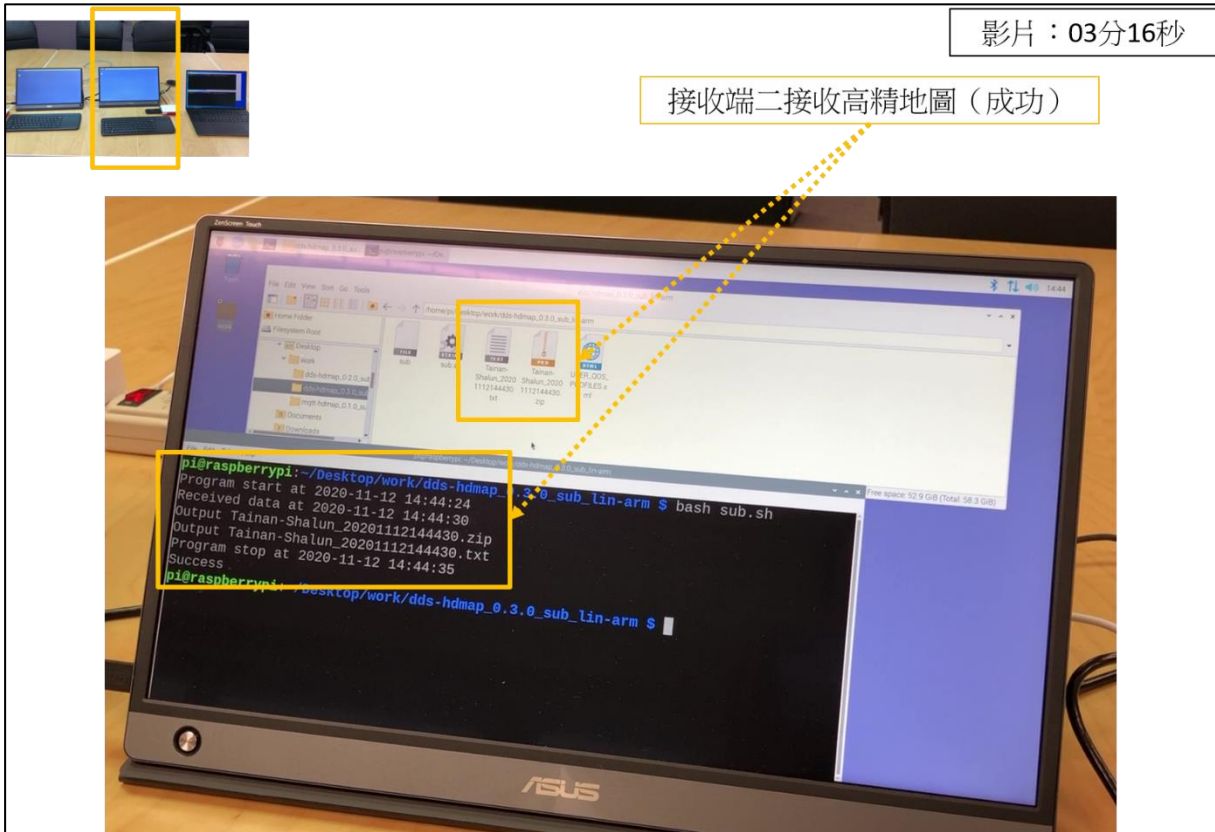


圖 4-23(g)、DDS 發送端離線測試 (進程 7)

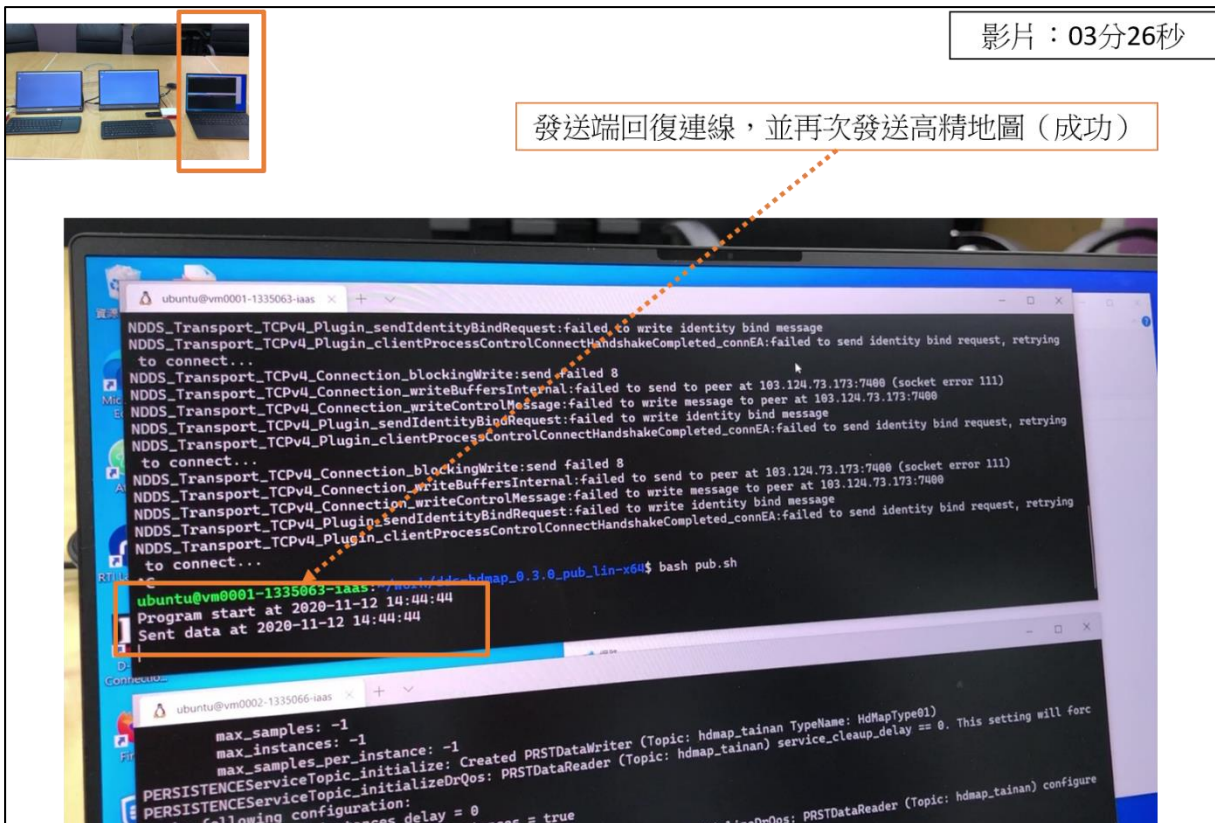


圖 4-23(h)、DDS 發送端離線測試 (進程 8)

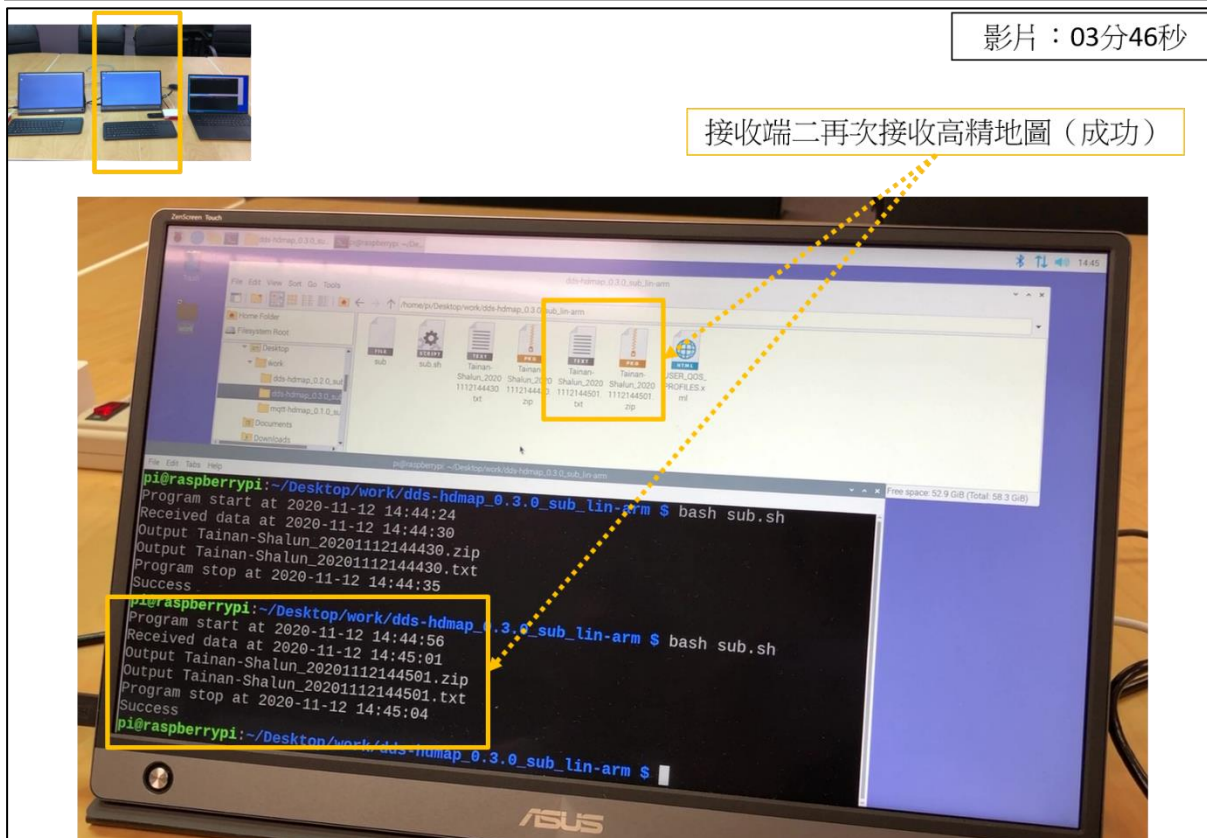


圖 4-23(i)、DDS 發送端離線測試（進程 9）

在 MQTT 的模擬測試方面，本案於 TWCC 上架設了一個 MQTT Broker 以及一個 MQTT 發送端。而 MQTT 接收端則安裝在樹梅派之上，並使用 4G LTE 行動網路。MQTT Broker 軟體採用 Open Source 的 Mosquitto，而發送端與接收端同樣使用 Open Source 的 Mosquitto-clients。MQTT 訊息採用 TCP 協定傳輸，MQTT 訊息內容直接使用高精地圖 zip 壓縮檔，因此沒有其他的欄位資訊。MQTT 訊息在傳輸時使用保留的設定，因此 Broker 會保留最後一筆資訊。表 4-11 標示了整個測試進程，影片 4-24 紀錄了整個測試流程，圖 4-24(a)-(g) 列示相關的影片截圖。成果顯示在 MQTT Broker 離線之後，新加入的 MQTT 接收端（車輛）便無法接收到高精地圖。

表 4-11、MQTT Broker 離線測試進程

進程	作業項目	圖示
1	<ul style="list-style-type: none"> 發送端開機，完成網路連線。 	圖4-24(a)

進程	作業項目	圖示
	<ul style="list-style-type: none"> MQTT Broker開機，完成網路連線。 接收端一開機，完成網路連線。 接收端二開機，完成網路連線。 	
2	<ul style="list-style-type: none"> MQTT Broker啟動。 	圖4-24(b)
3	<ul style="list-style-type: none"> 發送端發送高精地圖。 	圖4-24(c)
4	<ul style="list-style-type: none"> 接收端一接收高精地圖。 	圖4-24(d)
5	<ul style="list-style-type: none"> MQTT Broker離線。 	圖4-24(e)
6	<ul style="list-style-type: none"> 接收端一高精地圖。 	圖4-24(f)
7	<ul style="list-style-type: none"> 接收端二高精地圖。 	圖4-24(g)

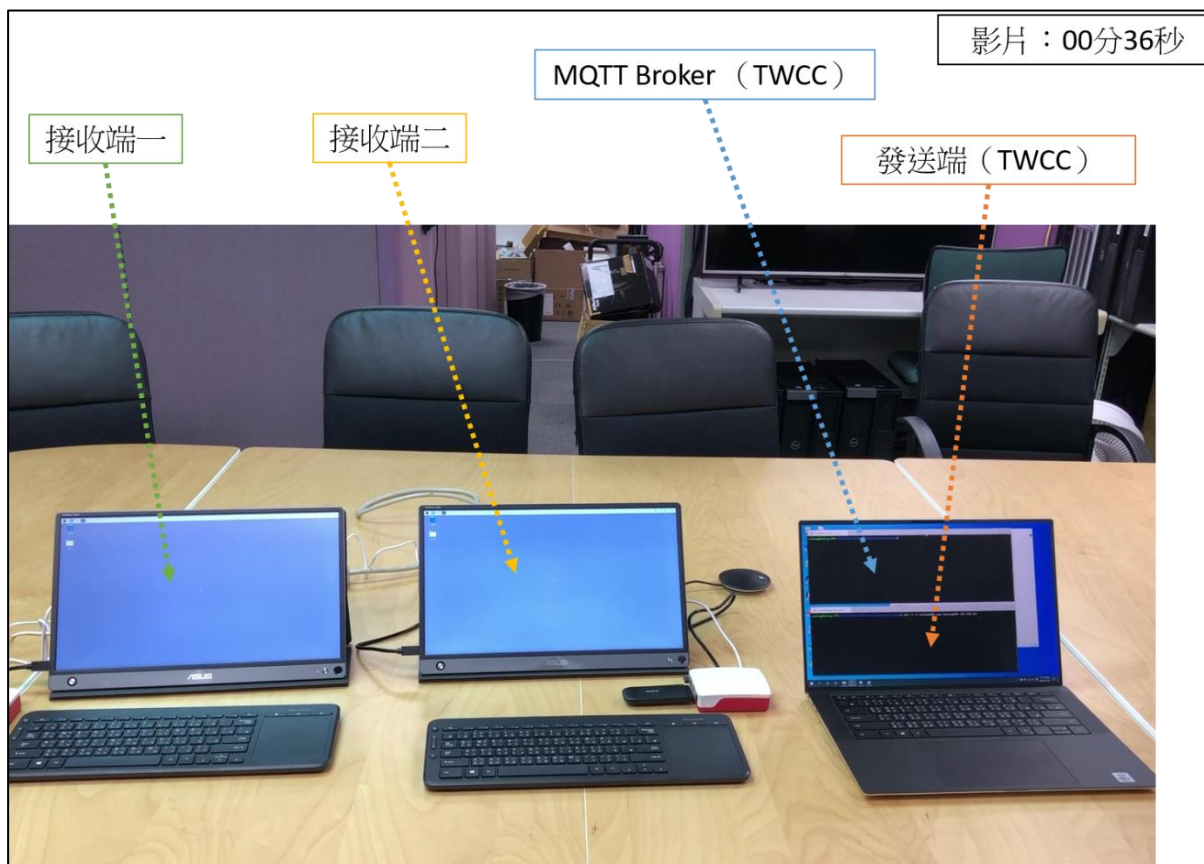


圖 4-24(a)、MQTT Broker 離線測試 (進程 1)

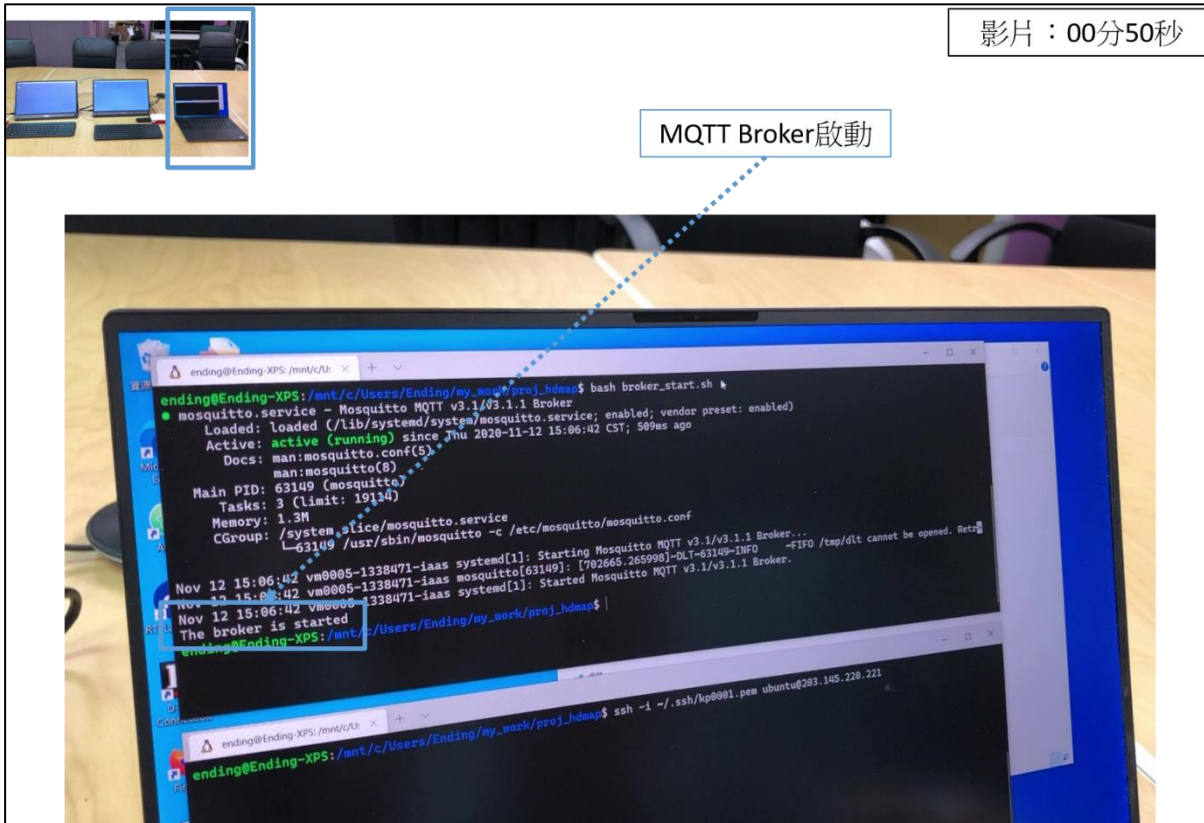


圖 4-24(b)、MQTT Broker 離線測試（進程 2）

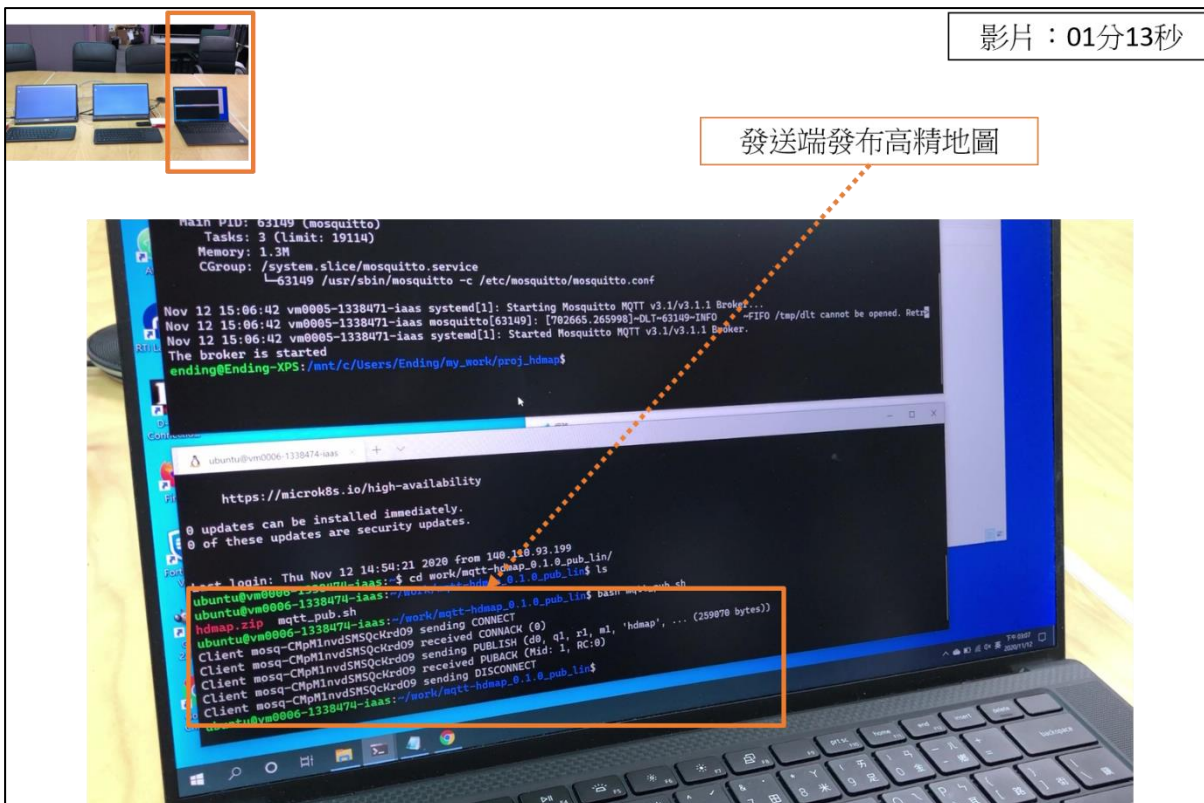


圖 4-24(c)、MQTT Broker 離線測試（進程 3）

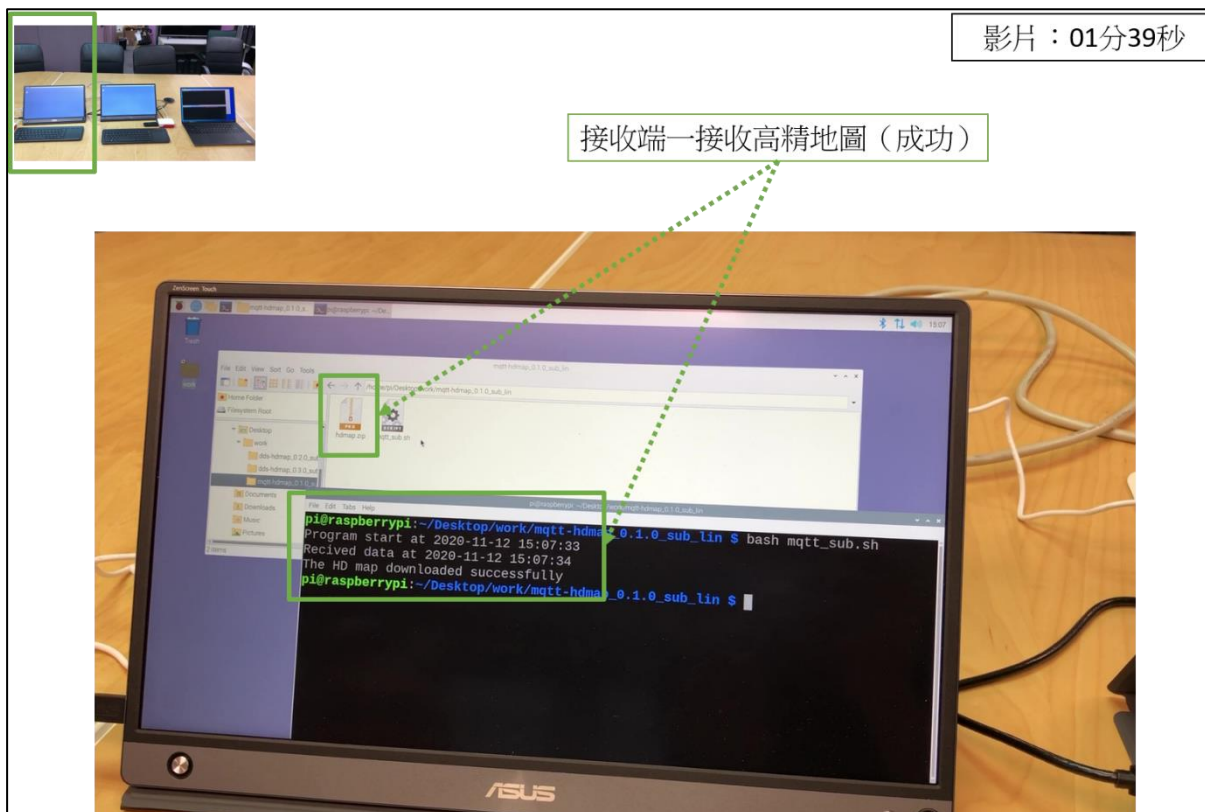


圖 4-24(d)、MQTT Broker 離線測試（進程 4）

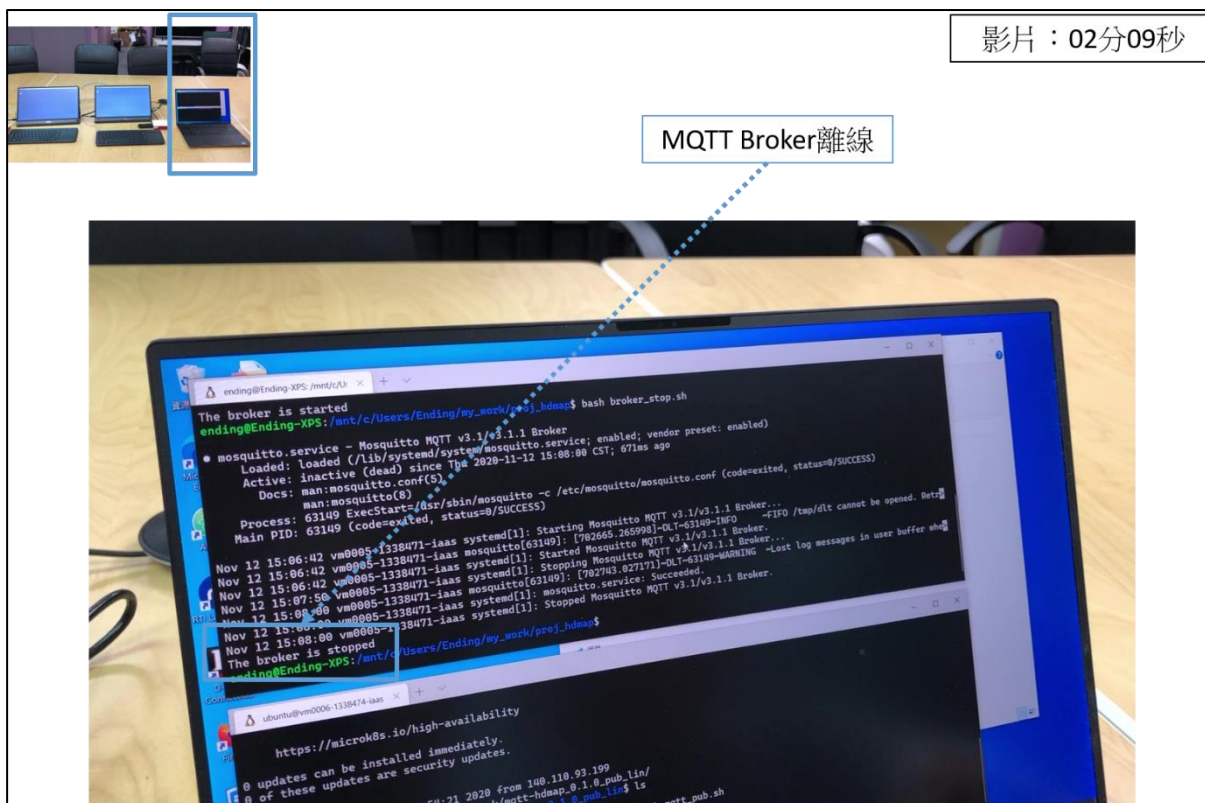


圖 4-24(e)、MQTT Broker 離線測試（進程 5）

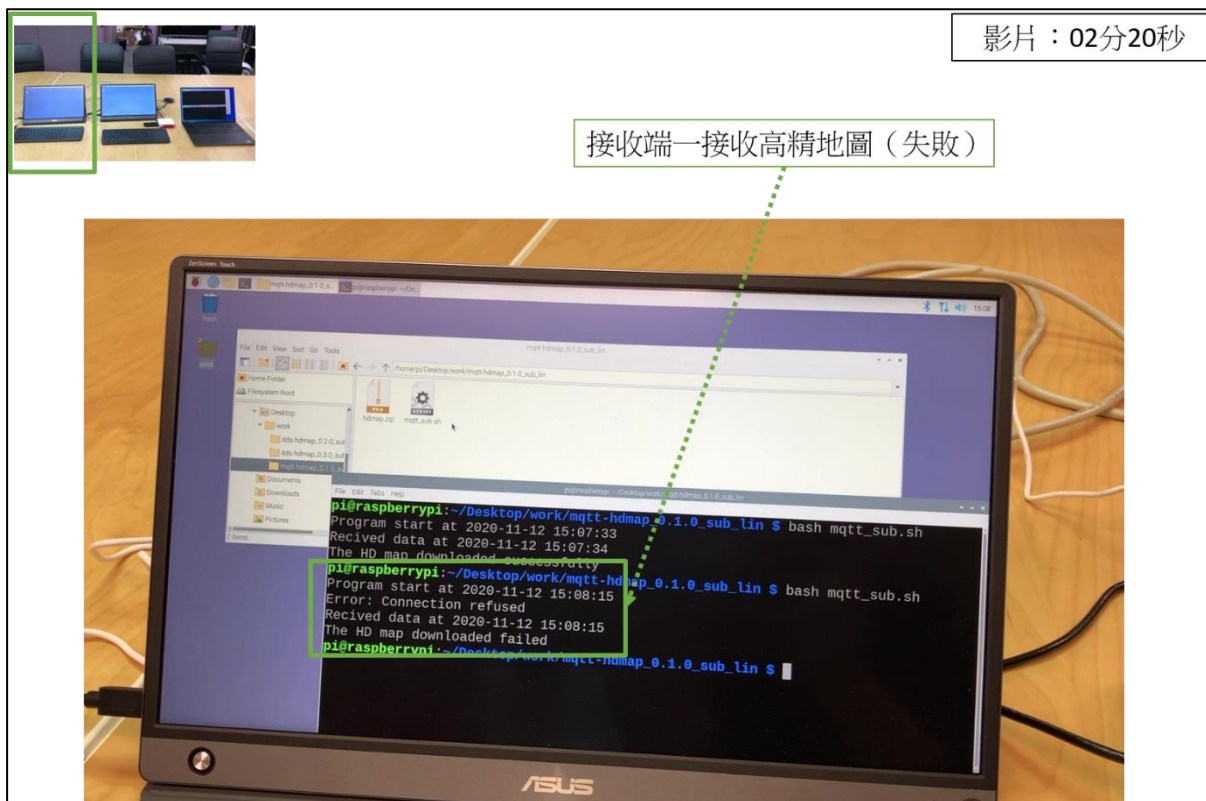


圖 4-24(f)、MQTT Broker 離線測試（進程 6）



圖 4-24(g)、MQTT Broker 離線測試（進程 7）

7. 傳送平台壓力測試

為了瞭解 DDS 傳送平台的穩定度，本案也進行了壓力測試。在此次測試中，發送端的配置與動態接收測試的配置相同，兩者均為 4 秒發送一次高精地圖，且隨機發送 5 種版本中的一種。Persistence service 則無配置。接收端配置在 TWCC 上的 92 台 virtual machine (VM)。每一台 VM 均分配有一個公開 IP，接收端的 DDS 服務以 TCP 協議自公開 IP 對外溝通。每一個接收端點起動後會持續接收 4 分鐘的資料，並記錄每一筆資料的發送時間與接收時間（透過 DDS 內建功能得到）。此外，接收端點啟動的時間也會記錄下來。圖 4-25 和圖 4-26 為壓力測試後的統計資料。首先，圖 4-25 顯示接收資料的延遲量 (latency)。延遲量的定義為每一筆資料的接收時間減去發送時間的差額。圖中的橫軸代表每一個端點的接收順序，由於發送端 4 秒發送一次，接收端持續接收 4 分鐘，故最大值為 60。圖中的縱軸為延遲量，單位是秒。圖 4-25 顯示最大延遲量約為 0.02 秒，大部分的延遲量在 0.01 秒以下。圖 4-26 顯示接收端初始化所需要的時間，即接收端接收到第一筆資料的時間減去接收端啟動的時間。這一個時間代表接收端與發送端建立連線所需要的時間。圖中的橫軸代表每一個端點的編號，縱軸為初始化所需時間，單位是秒。圖 4-26 顯示最小與最大初始化時間分別是 2.5 秒與 6.5 秒。由以上統計結果可知，傳送平台在 92 個接收端同時運作之下，接收端啟動後需要約 5 秒的時間才能接收到第一筆高精地圖，但之後便只需要花費不到 1 秒的時間便可接收到後續的資料。

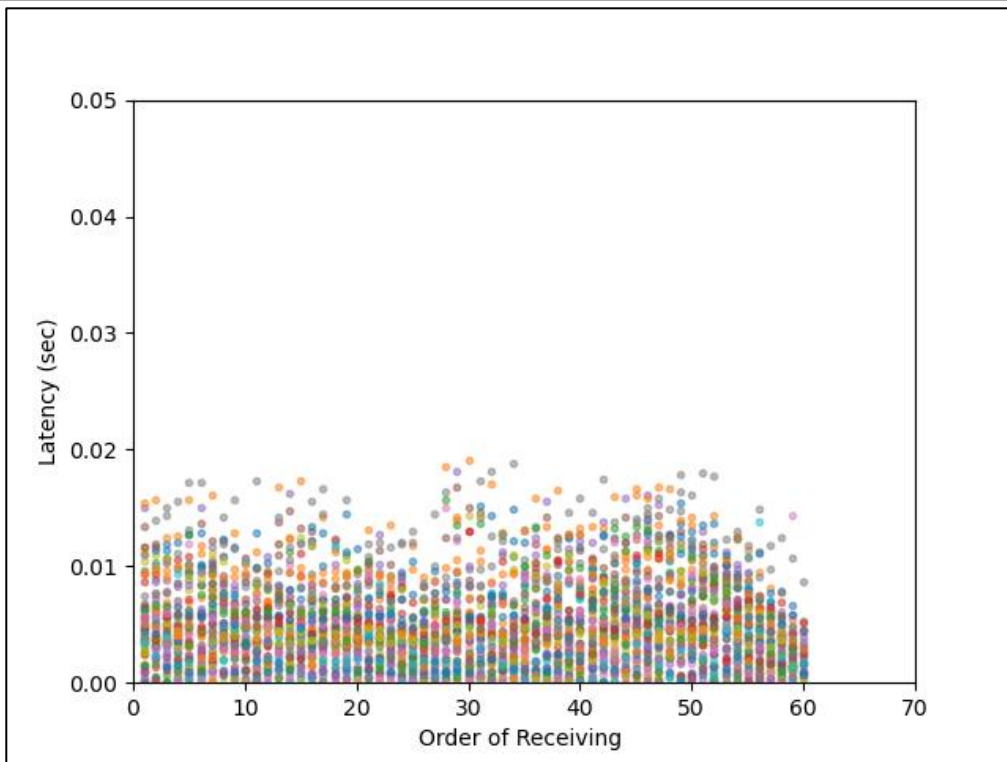


圖 4-25、壓力測試統計結果一：延遲量

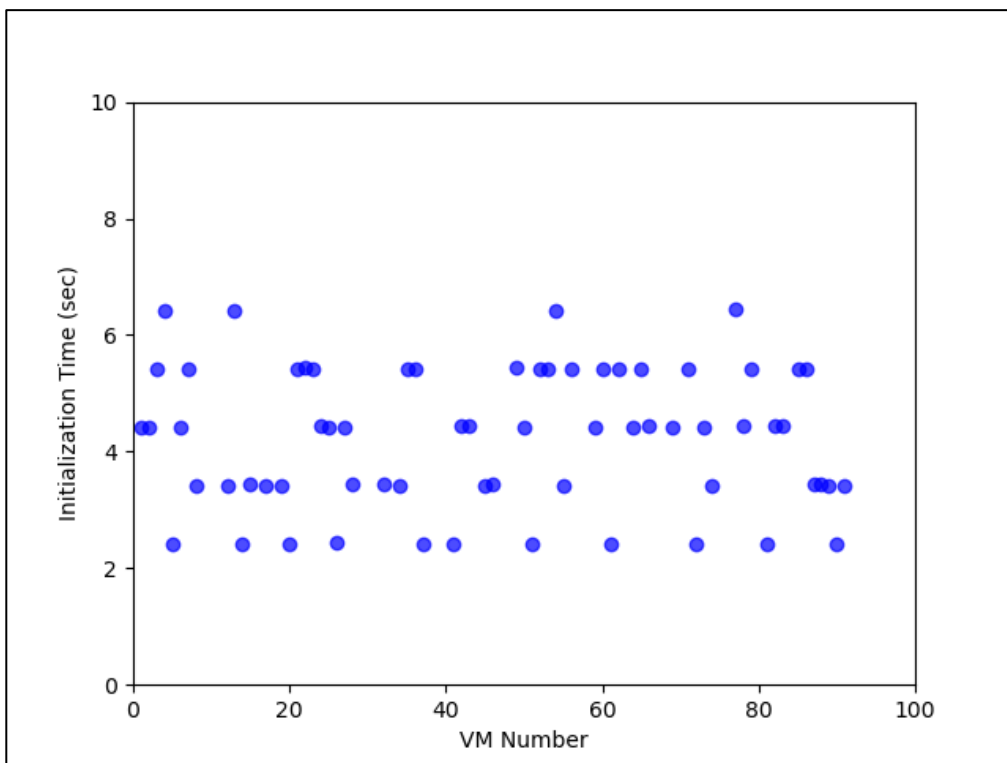


圖 4-26、壓力測試統計結果二：初始化時間

8. 配合機關進行跨專案測試

配合內政部規劃之高精地圖供應介接機制（如圖 4-7），提供本案開發之圖資傳輸 API 程式予「109 年度自動駕駛資訊整合平台功能優化及推廣案」之開發團隊緯創資通進行傳輸測試與驗證，節錄該案成果報告中，傳輸測試之內容於附錄五。

9. DDS 傳送平台規格文件化

整合本案之研發與實測經驗，高精地圖 DDS 傳送平台之規格已重新訂立成版本 1.0.0，並刊載於附錄六。該規格詳述傳送平台之系統需求、配置方式、作業程序。並提供函式庫供使用者建構程式發送與接收高精地圖。

（三）AI 運算環境服務

為促進高精地圖特徵辨識及相關技術發展，提供國網中心快速、穩定且安全之 TWCC AI 運算環境，與供使用者運算環境之諮詢服務。今年度使用額度為 202,000 元，申請使用者包含交通大學張智安老師以及成功大學王驥魁老師、呂學展老師等團隊。已使用額度為 68,034 元，使用情形如圖 4-27。



圖 4-27、AI 運算環境使用情形

伍、成果推廣及行政配合事項

一、 成果發表

(一) 參加競賽活動

配合機關以「三維地理空間資料與影像圖資整合展示工具」成果投稿臺灣地理資訊學會「第十六屆金圖獎」，以及中華民國地籍測量學會「第七屆金界獎」。因競賽活動皆延後辦理，因此至本案期末報告繳交前主辦單位仍未公告得獎結果，將持續關注後續消息。

(二) 參加研討會與活動推廣

1. 參加 3D GeoInfo 2020 國際研討會

3D GeoInfo 研討會是提供地理資訊相關學研界、工業及政府單位的一個交流平台會議。主要探討的內容包含三維地理資訊之數據收集、數據管理、數據分析、建模方法、視覺化處理及各種相關應用。而本屆研討會為 3D GeoInfo 的第十五屆，原訂於英國由 UCL（倫敦大學學院）主辦，但因新冠肺炎疫情影響改為線上進行，線上與會報告如附錄七。

時間：109 年 9 月 8 日至 9 月 22 日

地點：線上會議

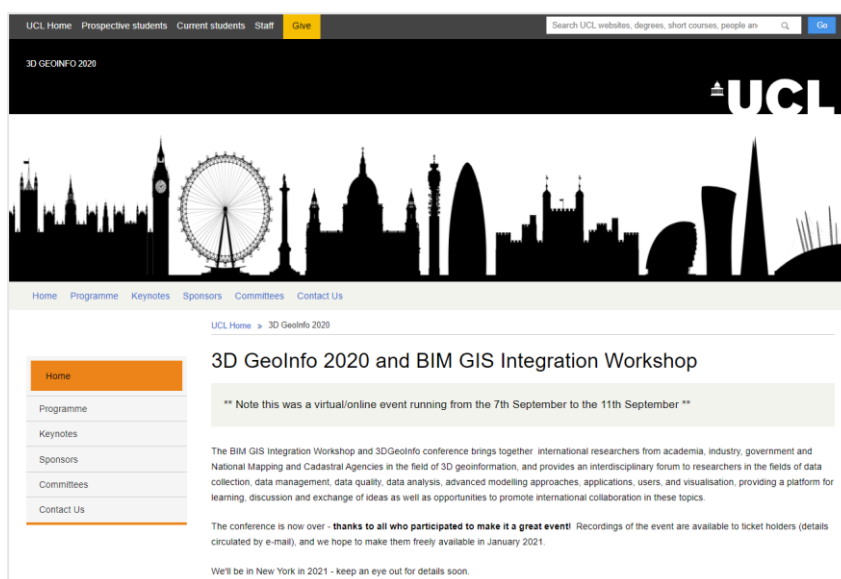


圖 5-1、3D GeoInfo 2020 線上會議頁面

2. 參與 2020 智慧城市展活動

2020 智慧城市展於 109 年 7 月 1 日至 4 日舉行，改為線上展覽，配合機關提供 DTM 加值應用服務成果展示，展出頁面如圖 5-2。

Smart City Online About SCOPE Smart Live Pavilion City Page 登入 EN

內政部地政司
Dept. of Land Management, M.O.I.

內政部地政司

內政部是我國規模最大的部會，其中地政司職掌全國土地行政，包括土地測量及登記、規定地價、平均地權、地權調整、土地重劃、土地徵收、土地使用、方域行政、不動產交易管理及其他地政事項。
土地測量部分舉凡國家坐標系統、基本控制網測量、地籍測量、國家底圖、基本地形圖、數值地形模型、高精地圖、測繪業及其專業測量人員之管理、航空攝影測量計畫之審定，均為業務範疇。

收藏 我要媒合 留言洽詢

DTM加值應用服務

方案簡介 其他

內政部委託國網中心協助建置高精度及高解析度之「DTM加值應用服務平台」，彙整各機關成果並透過不同演算法開發各類型功能分析，包含坡度、坡向、陰影、等高線、開闊度等分析，並開放全台20公尺與限公務使用之5公尺DTM加值資料的介接服務。

DTM加值應用服務
The Value-Added Application of Digital Terrain Model

數值地形模型 (Digital Terrain Model, DTM) 在空間資訊產業應用上，一直扮演著非常重要的角色。內政部為了加速空間資訊產業的發展與地政業務的推動，委託財團法人國家實驗研究院國家高速網路與計算中心協助建置高精度及高解析度之「DTM加值應用服務平台」，彙整各機關成果並透過不同演算法開發各類型分析功能，包含坡度、坡向、陰影、等高線、開闊度等15項功能，並以API方式開放全台20公尺解析度DTM加值資料的介接服務 (<https://dtm.moi.gov.tw>)，提供使用者方便取用所需的加值圖資，以及套繪分析模組，以利發展智慧國土相關工作，如道路、公共場所、個人住宅面積等相關的應用制定、精密農業、洪水防治與自然資源保育、空間資訊立體化等民生與科技應用。

數值地形模型加值資料處理流程
原始資料 → 資料彙整 → 分數計算 → 資料儲存

數值地形模型加值分析功能
坡度分析 高程立體透視圖
八方位陰影圖 多色地圖

內政部 國家實驗研究院國家高速網路與計算中心

圖 5-2、智慧城市展線上展出頁面

3. 「2020 年臺灣考古學會年會暨學術研討會」成果推廣展示

時間：109 年 9 月 11 日

地點：中央研究院歷史語言研究所文物陳列館 B1



圖 5-3、「2020 年臺灣考古學會年會暨學術研討會」活動照片

4. 辦理「數值地形模型加值應用服務案成果暨影像三維高速建模服務研習會」

同本案 P33 頁所述之活動，本次研習會針對測繪業者進行計畫成果教學與推廣，提供業界相關服務資訊。

時間：109 年 10 月 16 日

地點：台北恆逸教育訓練中心電腦教室

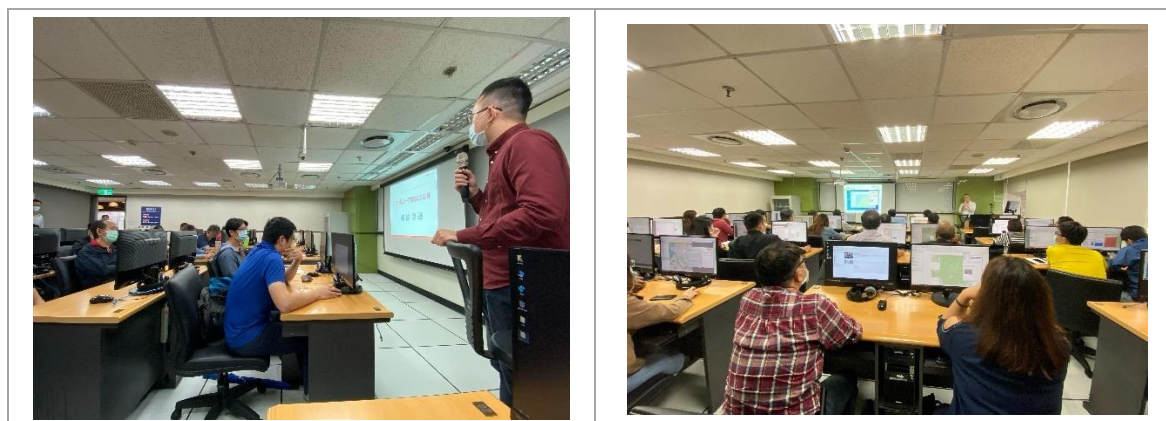


圖 5-4、研習會活動照片

5. 「第 20 屆中華民國地圖學會年會暨學術研討會」成果推廣展示

時間：109 年 10 月 24 日

地點：臺灣大學地理環境資源系



圖 5-5、「第 20 屆中華民國地圖學會年會暨學術研討會」推廣展示照片

6. 協助參與 109 年度地政節活動

時間：109 年 11 月 11 日

地點：公務人力發展學院福華國際文教會館卓越堂

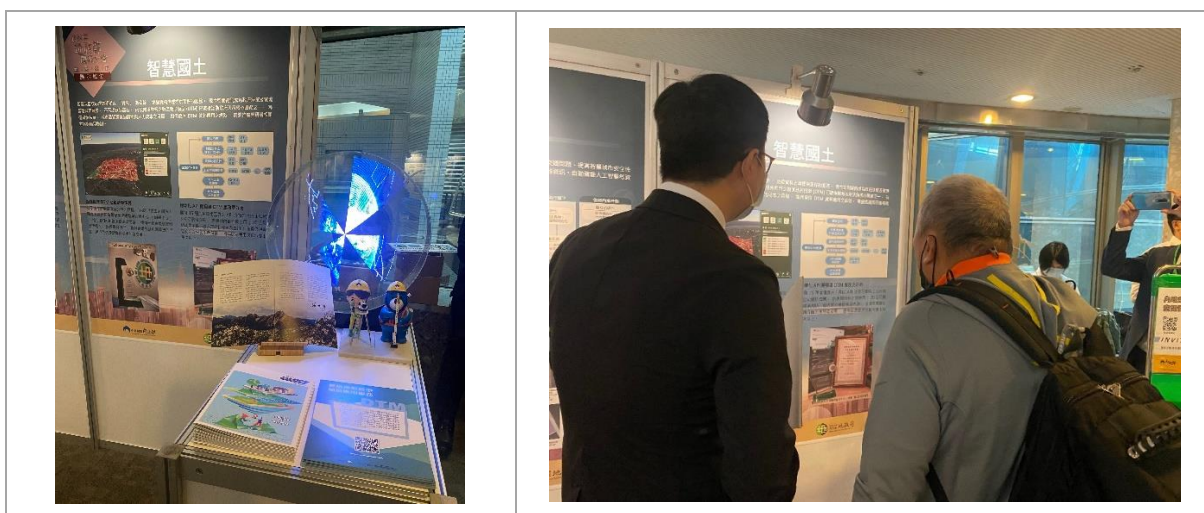


圖 5-6、地政節展示照片

7. 於「內政部落實智慧國土計畫暨空間測繪技術發表會」進行計畫成果發表

時間：109 年 11 月 17 日

地點：集思台大國際會議中心

時間	分鐘	內容	主持人 / 與談人
09:45-11:05	80	議題 1：三維圖資與數值地形模型成果加值應用及高精地圖供應 (I) (E-1)	主持人： • 國家高速網路與計算中心 林錫慶 副主任 與談人： • 臺灣地理資訊中心 賴昆祺 處長
		主講人 (1)：國家高速網路與計算中心 施奕良 組長 - 數值地形模型資料與加值應用服務介紹	
		主講人 (2)：國家高速網路與計算中心 陳璋陞 專案副研究員 - 數值地形模型加值應用 QGIS 插件介紹	
11:05-11:15	10	交誼時間	
11:15-12:35	80	議題 2：三維圖資與數值地形模型成果加值應用及高精地圖供應 (II) (E-2)	主持人： • 國家高速網路與計算中心 林錫慶 副主任 與談人： • 內政部地政司 連以諾 技士
		主講人 (1)：國家高速網路與計算中心 杜國銘 工程師 - 數值地形模型圖資供應平台介紹	
		主講人 (2)：國家高速網路與計算中心 林孜彥 專案副研究員 - 影像三維高速建模服務介紹	



圖 5-7、成果發表會活動照片

8. 「Geo Digital Life 空間數位生活」雜誌創刊號發表

受財團法人臺灣地理資訊中心發行之「Geo Digital Life 空間數位生活」雜誌創刊號邀請，發表「讓地圖不只是地圖：DTM 數值地形模型圖資服務與加值應用發展」文章一篇。

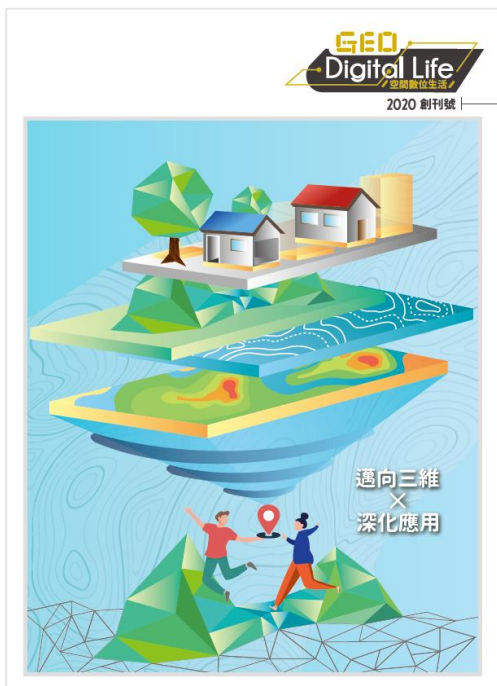


圖 5-8、「Geo Digital Life 空間數位生活」雜誌創刊號封面

讓地圖不只是地圖：DTM數值地形模型圖資服務與加值應用發展

內政部地政司
國家高維網路與計算中心
副主任 林錫慶
資料科技組組長 施奕良

臺灣的國土測繪圖資，由內政部累積產製，除了保管國家測繪圖資採用比例尺五千分之一量幅範圍儲存，並持續資料更新、修整各種成果。除此之外，還根據智慧政府的發展精神，推動機關交流，推廣開放地理空間資料擴大加值應用。**數值地形模型** (Digital Terrain Model 以下簡稱DTM) 資料的使用，有其技術門檻與資源設備等因素，如何充分發揮其在國土規劃與地理資訊系統應用之功效，需要推廣與研議相關方案與應用機制。

內政部自 103 年起，就以高雄作為數值地形模型網路服務建置及應用機制，透過網路服務提供分析成果予市府各機關使用。105 年起則進行 DTM 加值演算自主研發工作，並建置全國性 DTM 加值應用網路服務模組及平台等，以擴大使用對象至中央各機關、地方政府之垂直交流與應用。為使一般民眾也能便捷使用 DTM 加值應用服務成果，更於今年 (109) 進行 QGIS 與地形加值演算套件開發。另外還對相關成果資料進行異地備份及永續保存服務，達到資料永續保存與運用之目的。

附註：智慧政府行動方案

由國發會推動，以資料為核心，建構公私協力治理模式，提高政府與民眾的信賴，積極推動「跨機關資料共享介接機制」、「強化網路安全」以及「政府網路線上申辦」是智慧政府重要工作。

不只是等高線圖！加速處理的DTM地形計算演算

隨著 DTM 數據採集技術的進步，由傳統以等高線來表達地貌起伏，改以航測技術或光達技術產製，推升資料解析度從 20 公尺、5 公尺至 1 公尺，解析度的提升，大幅增加地形計算加值演算的處理難度，也間接造成跨機關資料共享的障礙。

因此，如何有效地進行 DTM 數據的清理、配合演算法計算並儲存加值數據，是提高資料使用率的關鍵。為了達成跨機關圖資共用的目標，內政部委由財團法人國家實驗研究院國家高維網路與計算中心 (以下簡稱圖網中心)，進行 **DTM 加值服務技術開發**。

首先針對資料特性進行分析研究，建構一套合適的資料處理框架，透過資料清理、資料結構設計與演算法的開發，達成更快運算與易用加值成果，下圖為地形計算加值演算處理架構。

原始DTM數據

- 資料分析: 詮釋資料、資料清理
- 加值演算法計算方式分析: 九宮格計算、運算半径計算、跨網格計算
- 資料結構設計: 儲存配置、資料分類
- 加值演算法開發: 坡底圖、坡向圖、... 各型圖層
- DTM加值結果匯集: 儲存格式設計
- DTM加值成果產製: 產製

▲ DTM資料處理架構

圖 5-9、節錄發表內文

二、 成果效益評估與計畫進度管考

(一) 自評作業

配合機關作業，依據科技計畫績效管考平台 (<http://stprogram.stpi.narl.org.tw/>) 格式，辦理本案計畫「科技發展計畫績效評估作業」自評作業需求，參考機關提供之相關績效作業範本，填寫本案相關成果效益報告書、績效指標、佐證資料、政府科技發展計畫績效評估。配合將本案各期資訊登載政府研究資訊系統 (GRB, <https://www.grb.gov.tw/>)，且將登載結果繳附於各期工作成果，並適時接受諮詢。

(二) 管考作業

配合機關填寫行政院政府計畫管理資訊網(GPM)管考作業所需表格內容，並適時接受諮詢，於每月 25 日前繳交月報表，說明工作執行進度，計畫執行期間報表詳如附錄七。

(三) 文獻發表

於「第 20 屆中華民國地圖學會年會暨學術研討會」進行口頭發表論文一篇，題目為「高精度數值地形模型資料服務與加值應用」。研討會議程如表 5-1，報告情形如圖 5-10。

表 5-1、第 20 屆中華民國地圖學會年會暨學術研討會議程

2020年中華民國地圖學會－會員大會 暨第20屆地圖學術研討會議程		
日期:2020年10月24日(六) 地點:國立台灣大學地理環境資源學系系館		
時間	地點	活動內容
09:00-09:30	系館1F大廳	報到
大會開幕儀式、理事長與貴賓致詞、頒獎典禮		
09:30-09:50	305視聽教室(3F)	內政部地政司方域科----- 內政部國土測繪中心-----
		張則民 科長 劉正倫 主任
09:50-10:20	305視聽教室(3F)	新人發聲 主持人:溫在弘 理事長 電腦繪圖比賽 & 優秀碩、博士論文獎作品發表
10:20-10:40	地理一(1F)	茶敘
10:40-11:30	305視聽教室(3F)	地圖專題演講 「空間資訊在精準防疫上的角色」 演講人:中央研究院人社中心GIS專題中心 詹大千 副研究員
11:30-12:00	305視聽教室(3F)	地圖專題報告 「城市治理的大數據智能資訊平台」 報告人:臺北大數據中心岑崇恩 副研究員、林書正 專員
12:00-12:30	305視聽教室(3F)	會員大會
		午餐 地理一、地理二(1F)
12:30-13:50	302電腦教室(3F)	國土測繪圖資服務雲地圖協作工作坊 講者:內政部國土測繪中心(光特資訊)
論文發表 主持人:王明志教授		
14:00-15:20	305視聽教室(3F)	論文發表(一):防疫物資的時空資料分析 -以健保特約機構口罩剩餘數量為例 論文發表(二):台電再生能源可供網容量計算與 GIS展示系統 論文發表(三):臺灣地形製圖之前導研究的進展 論文發表(四):高精度數值地形模型資料服務與加值應用
		發表人:陳建州 發表人:蔡森洲 發表人:沈淑敏 發表人:施奕良
15:20-15:40	地理一(1F)	茶敘
論文發表 主持人:蔡明達教授		
15:40-17:00	305視聽教室(3F)	論文發表(一):運用地理資訊系統執行防救災作業研究 -以開發工程車最佳路徑選擇為例 論文發表(二):廣惠歷史地圖數位典藏執行概況 論文發表(三):文化記憶的地圖協作與數位共創 論文發表(四):臺北市信義區文史資源整合及其網路圖資平台設置
		發表人:嚴中岳 發表人:廖汝銘 發表人:郭俊麟 發表人:王明志
17:00-17:30	305視聽教室(3F)	閉幕典禮與摸彩



圖 5-10、論文發表

文稿摘要：

數值地形模型(Digital Terrain Model, DTM)經常被用來表達地形地貌的起伏改變，透過繪製等高線的方式可做為輔助地形判讀的參考依據。然而，為了進一步描述地形間的變化關係，學者透過設計不同的演算法(坡度、坡向、陰影、開闊度、透空度等)來計算相鄰網格的高程差值，用以建構出多樣性的分析情境，並且已廣泛的應用在各種地形變化的探討上。

然而，隨著採集技術的進步，DTM 數據的資料精度，已提升到全臺 1 公尺解析度甚至更高精度數據，除了可以更精細的描述地形地貌外，也更合適做為國土規劃的推展。然而，對於逐網格計算的 DTM 加值演算法而言，卻也增加了資料處理上的難度，並且間接影響資料流通供應的推展。如何有效地進行數據前處理、開發加值演算法以及有效儲存加值數據，透過演算法開發累積國內 DTM 資料加值技術的研發能量，是非常重要的課題。另一方面，針對實體檔案申請機制，也必須設計一套線上 DTM 圖資供應申請平台，降低使用者申請公文往返耗時的問題，提升資料供應服務品質。

本研究主要目的是希望加速推動 DTM 資料供應與加值應用服務，透過建構一套 DTM 資料處理框架，包含資料清理、資料結構設計、配合資料結構進行加值算法的開發，並針對高通量資料取用服務，進行鬆耦合架構設計與提供基於 API 呼叫方式直接取用地形計量分析成果，此外也提供線上實體圖資供應平台，希望推廣數值地形模型(DTM)資料，能有更多成功的應用案例。

三、 工作會議

本案定期召開工作會議，並配合參加機關之跨專案工作協調會議，討論專案執行方向及開發進度，以下列出會議時間及內容。

表 5-2、工作會議辦理時間及討論議題

時間	地點	內容
109 年 03 月 12 日	內政部	與內政部、成功大學進行資料檢核工作會議

109 年 04 月 14 日	線上會議	各項工作項目執行討論
109 年 05 月 13 日	內政部	各項工作項目進度確認與討論
109 年 05 月 27 日	財團法人台灣地理資訊中心	與內政部、緯創資通團隊，研商自駕車用地圖傳輸 API 配合事項
109 年 06 月 17 日	線上會議	各項工作項目進度確認與討論
109 年 08 月 19 日	內政部	各項工作項目進度確認與討論
109 年 10 月 14 日	內政部	各項工作項目進度確認與討論

陸、結論與建議

一、 結論

本案以數值地形模型 (DTM) 及自駕車用高精地 (HD MAP) 之圖資異地備份儲存工作為基礎，規劃包括 DTM 資料管理與加值應用服務、技術服務、高精地圖供應服務及成果推廣及行政配合事項等主要服務項目，協助機關進行相關工作之執行與推廣，並配合各期審查會議之專家意見進行修正 (各期審查意見辦理與回覆詳見附錄九)，綜整各項服務執行重點與成果分述如下：

(一) DTM 資料管理與加值應用服務

此項服務包括「DTM 加值應用網路服務平台維運」、「DTM 圖資供應平台維運」及「DTM 成果管理優化」。

DTM 成果加值應用服務的工作，自 105 年度起開始進行建置工作，將內政部業管 DTM 實體資料進行加值，提供 DTM 加值應用資料網路服務模組，再依資料分級供機關及各界使用，並持續進行 DTM 加值應用網路服務維運工作，以及 DTM 成果資料異地備份及永續保存服務。本年度加上 DTM 成果專案資料檢核的自動化檢核開發，協助機關針對實體圖資的供應與前端管理進行更完整的規劃作業。在 DTM 加值應用服務的部份，開發 QGIS 軟體插件，強化一般使用者方便操作 DTM 加值應用分析功能，可進行更多元的推廣應用。

主要完成項目如下：

1. DTM 加值應用網路服務平台維運

- (1) 持續維運 DTM 加值應用網路服務平台
- (2) 提供服務所需 20TB 的資料倉儲及 170TB 資料備份環境
- (3) 完成 DTM 應用服務 QGIS 插件：TwDTM 之開發並導入多色地圖、坡度分析、坡向分析與等高線分析等四項功能
- (4) TwDTM 插件配合 GIS 競賽研習會以及辦理教育訓練

2. DTM 圖資供應平台維運

- (1) 持續維運 DTM 圖資供應平台
- (2) 提供服務所需 20TB 的資料倉儲環境
- (3) 完成 DTM 圖資供應平台視覺化圖幅選取功能
- (4) 完成 DTM 圖資網路傳輸保密措施可行性評估方案規劃
- (5) 完成離線版圖資供應機制

3. DTM 成果管理優化

- (1) 完成 DTM 成果檢核程式開發及資料庫建置並提供成果檢核報表

(二) 技術服務

此項服務包括「圖資隱碼技術研究及精進」、「影像三維建模高速運算資源服務」及「三維地理空間資料與影像圖資整合展示工具維運」等技術類型之服務。

主要完成項目如下：

1. 圖資隱碼技術研究及精進

- (1) 完成 DTM 及點雲圖資隱碼嵌入版權資訊與容錯機制技術研究
- (2) 完成向量圖資隱碼技術研究

2. 影像三維建模高速運算資源服務

- (1) 完成 5 組模型運算
- (2) 提供服務所需 10TB 的資料倉儲環境

3. 三維地理空間資料與影像圖資整合展示工具維運

- (1) 持續維運三維地理空間資料與影像圖資整合展示工具
- (2) 完成三維地籍建物模型 XML 匯入展示工具之功能模組開發

(3) 完成 KML 上傳展示工具並產製網路預覽連結之功能模組開發

(三) 高精地圖供應服務

此項服務針對高精地圖資料之供應及傳輸機制，進行高精地圖圖資實體檔案之供應平台維運，以及未來高精地圖派發至自駕車端之傳輸進行技術規劃與測試。

主要完成項目如下：

1. 持續維運高精地圖 (HD MAPS) 圖資供應平台
2. 完成高精地圖 (HD MAPS) 圖資供應平台申請與審核架構調整
3. 完成高精地圖圖資傳輸 API 機制三階段傳輸測試

(四) 成果推廣及行政配合事項

本案數值地形模型加值應用服務成果發展至今已進入第 5 年，今年度除了持續於地理資訊領域中進行技術交流與推廣，也嘗試在考古學及地圖學等領域進行圖資應用交流，並得到不錯的迴響，期望使數值地形模型加值應用分析圖資推展至更多元的應用。

主要完成項目如下：

1. 完成 2020 智慧城市展線上展示
2. 參加國際研討會 1 場
3. 發表口頭報告論文 1 篇
4. 完成金圖獎投稿
5. 完成金界獎投稿
6. 完成「數值地形模型加值應用服務案成果暨影像三維高速建模服務研習會」1 場 (3 小時、62 人次)
7. 完成「2020 年臺灣考古學會年會暨學術研討會」成果推廣展示

8. 完成「第 20 屆中華民國地圖學會年會暨學術研討會」成果推廣展示
9. 完成「內政部落實智慧國土計畫暨空間測繪技術發表會」活動辦理（3 小時、50 人次）

二、 建議

本案在期限內如期如質完成，針對相關成果有以下幾點建議可於未來進行規劃，以期讓本案成果能更加完善及提高管理人員之行政效率：

（一） DTM 加值服務平臺維運及功能強化

1. 開發 DTM 加值應用網路服務之 OpenAPI 介接格式

配合國家發展委員會訂定之共通性應用程式介面規範，新增 OpenAPI 格式以及產製符合 OAS 標準之說明文件。

2. 強化平臺功能

為提供更好的功能查詢操作以貼進使用需求，可以規劃提供多邊形框選、查詢框選區位成果顯示、圖例同步展示及管理者統計報表等強化功能。

3. QGIS 插件陸續導入 DTM 加值應用分析模組

（二） 三維圖資整合展示工具之功能強化

1. 圖層權限管理功能開發

隨著上傳之展示圖資內容的增加，部分圖資有其暫不開放共享的階段性要求，可考慮是否透過權限控管的方式進行管理。

2. CityGML 2.0 格式匯入功能開發

配合機關於「109 年度跨領域地形圖徵及三維地籍發展服務工

作業」訂定 CityGML 2.0 格式之三維建物模型產品，進行模型匯入展示功能開發，以滿足智慧城市規劃之基礎圖資整合。

(三) 圖資供應平台

1. 整合 DTM 成果檢核資料於前端頁面提供使用者查詢

本年度完成 DTM 成果管理流程優化、資料庫建置與檢核報告產製，相關檢核報告內容建議可建置於一公開查詢頁面，提供申請者在圖資申請前進行成果專案查詢。了解圖資相關產製資訊後再提出申請，可加強圖資供應之準確度並提高供應效率，也減少申請者因不清楚專案內容而申請到不必要的圖資內容。

2. 開發離線版圖資供應資料庫管理介面

今年度完成之離線加密供應機制，可提供線上申請資料進行實體隔離加密作業，惟資料庫包含之供應圖資不具擴充性。建議可進行離線版圖資供應資料庫資料管理介面開發，若後續新增供應圖資可經由介面直接匯入資料庫，節省管理時間成本。

(四) 圖資隱碼技術研究

1. 將今年度 (109) 開發之隱碼功能整合至供應平台

將今年度更新之隱碼功能與相關調教參數的程式，與圖資供應平台系統進行串接與整合，以利機關進行使用。

2. GeoTiff 及 GRD 檔案千分之一圖幅格式隱碼研究

各縣市政府自行測製之千分之一圖幅格式，與目前開發之五千分之一圖幅格式不同，建議可增加開發千分之一圖幅之隱碼研究，以利圖資收整後可進行供應管理作業。

柒、參考文獻

1. 陳思仁、王成機 (2007)，內政部數值地形模型建置現況及加值應用，國土資訊系統通訊，第六十一期
2. 侯進雄、費立沅、邱禎龍、陳宏仁、謝有忠、胡植慶、林慶偉 (2014)，空載光達數值地形產製與地質災害的應用。航測及遙測學刊，18(2)，93-107。
3. 智慧政府行動方案 (2019)，國家發展委員會。
4. 105 年度數值地形模型成果加值應用服務工作案 (2016)，內政部。
5. 106 年度數值地形模型成果加值應用服務工作案 (2017)，內政部。
6. 107 年度數值地形模型成果加值應用服務工作案 (2018)，內政部。
7. 江渾欽 (2018)，三維地理資訊發展與三維地籍房產管理之應用，2018 公共設施管線資料庫技術研討及成果發表會，內政部。
8. 108 年度自駕車用地圖供應平台建置及三維圖資與數值地形模型成果加值應用服務案 (2019)，內政部。
9. Tseng, H.-W., and Chang, C.-C., "Steganography using JPEG compressed images," Proceedings of The Fourth International Conference on Computer and Information Technology, pp. 12-17, 2004.
10. Hsu, C.-T., and Wu, J.-L., "Hidden Digital Watermarks in Images", IEEE Transaction on Image Processing, Vol. 8, No. 1, pp. 58-68, Jan. 1999.
11. C. C. Chang, C. C. Lin, C. S. Tseng, and W. L. Tai, Reversible hiding in DCT-based compressed images, Information Sciences, vol. 141, 2002, pp. 123-138
12. C. C. Lin and P. F. Shiu, DCT-based reversible data hiding scheme, Proc. Of the 3rd International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication (ICUIMC'09), pp. 327-335, 2009
13. Koikara, R. and Goswami, M., "A Data Hiding Technique using Block-DCT," International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), Vol. 4 Issue 08,

August-2015.

14. Walton, S., "Image authentication for a slippery new age," *Dr. Dobb's Journal*, Vol. 20, No. 4, pp. 18-26, Apr. 1995.
15. Chen, T.-S., Chang, C.-C., and Hwang, M.-S., "Virtual image cryptosystem based upon vector quantization," *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 7, No. 10, pp. 1485-1488, Oct. 1998.
16. Chang, C.-C., Chen, T.-S., and Chung, L.-Z., "A steganographic method based upon JPEG and quantization table modification," *Information Sciences*, Vol. 141, pp. 123-138, 2002.
17. Alturki, F., and Mersereau, R., "Secure blind image steganographic technique using discrete fourier transformation," *Proceedings of IEEE International Conference on Image Processing*, pp. 542-545, 2001.
18. Lee, W.-B., and Chen, T.-H., "A public verifiable copy protection technique for still image," *Journal of Systems and Software*, Vol. 62, pp. 195-204, 2002.
19. Abubahia1, A. and Cocea, M., "Advancements in GIS map copyright protection schemes - a critical review," *Multimedia Tools and Applications*, Vol. 76, pp 12205-12231, 2016.
20. Huo XJ, Lee SH, Kwon SG, Moon KS, Kwon KR (2011) A watermarking scheme for shapefile- based gis digital map using polyline perimeter distribution. *J Korea Multimeadia Soc* 14(5):595–606
21. Li A, Lin BX, Chen Y, Lu G (2008) Study on copyright authentication of gis vector data based on zero-watermarking. *Int Arch Photogramm Remote Sens Spat Inf Sci* 37:1783–1786

22. Kim J (2010) Robust vector digital watermarking using angles and a random table. *Adv Inf Sci Serv Sci* 2(4):79–90
23. Fei P, Li C, Min L (2013) A reversible watermark scheme for 2d vector map based on reversible contrast mapping. *Secur Commun Netw* 6(9):1117–1125
24. Doncel V, Nikolaidis N, Pitas I (2007) An optimal detector structure for the fourier descriptors domain watermarking of 2d vector graphics. *IEEE Trans Vis Comput Graph* 13(5):851–863
25. Li SS, Zhou W, Li AB (2012) Image watermark similarity calculation of gis vector data. *Procedia Eng* 29:1331–1337
26. Yue Ding, Jianrong Wang, Xiang Ying, Digital Watermarking Algorithm for 2D Vector Graphics, *ICVISP 2019: Proceedings of the 3rd International Conference on Vision, Image and Signal Processing August 2019*
27. Lucchese C, Vlachos M, Rajan D, Yu P (2010) Rights protection of trajectory datasets with nearest- neighbor preservation. *VLDB J* 19(4):531–556
28. 內政部 (民 102 年 8 月 30 日)。「數值地形模型成果資料流通供應要點」【令】。台北市：內政部。取自：<https://www.land.moi.gov.tw/law/new%5C191-N2.pdf>
29. Shapefile. In *Wikipedia, the free encyclopedia*. From: <https://zh.wikipedia.org/wiki/Shapefile>
30. ESRI (1998 July). *ESRI Shapefile Technical Description*. From: <http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/shapefile.pdf>
31. FIDO Alliance, Inc. *FIDO Authentication*. From: <https://fidoalliance.org/fido-authentication/>

32. Transport Layer Security. In *Wikipedia, the free encyclopedia*. From:
https://en.wikipedia.org/wiki/Transport_Layer_Security
33. SSH File Transfer Protocol. In *Wikipedia, the free encyclopedia*. From:
https://en.wikipedia.org/wiki/SSH_File_Transfer_Protocol
34. FTPS. In *Wikipedia, the free encyclopedia*. From:
<https://en.wikipedia.org/wiki/FTPS>
35. Virtual private network. In *Wikipedia, the free encyclopedia*. From:
https://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_private_network
36. Huo XJ, Moon KS, Lee SH, Seung TY, Kwon SG (2011) Protecting gis vector map using the k- means clustering algorithm and odd-even coding. In: 17th Korea-Japan joint workshop on frontiers of computer vision, pp 1–5
37. Wen-Hsiung Chen, C.Harrison Smith, S.C.Fralick.(1977). A Fast Computational Algorithm for the Discrete Cosine Transform. IEEE Transactions on Communications, VOL. COM-25, NO.9. Retrieved from
https://www.eit.lth.se/fileadmin/eit/courses/eit085f/Chen_A_Fast_Computational_Algorithm_for_the_Discrete_Cosine_Transform_Com_1977.pdf