



109CCL042C

內政部

109年度三維國土形變及空間智能分析技術
發展工作案

期末報告書(修正版)

案號：109CCL042C

主辦單位：內政部

執行單位：國立中央大學 太空及遙測研究中心

國立交通大學 防災與水環境研究中心

計畫期程：自 109 年 4 月 27 日至 109 年 11 月 25 日

目 錄

目 錄.....	i
圖目錄.....	iv
表目錄.....	ix
摘要.....	xi
Abstract	xiii
第一章 前言.....	1
1.1 計畫背景.....	1
1.2 背景分析.....	1
第二章 計畫目的與未來規劃.....	4
2.1 計畫目的.....	4
2.1.1 技術建立.....	6
2.1.2 應用服務試辦.....	6
2.2 未來規劃與構想.....	7
第三章 工作項目.....	14
3.1 工作項目.....	14
3.2 工作進度.....	18
3.3 繳交成果及繳驗時程.....	22
第四章 實施方法與成果.....	24
4.1 應用人工智慧發展衛星影像地表形變分析技術與應用.....	24
4.1.1 利用雷達衛星影像發展長期地表形變智慧分析技術.....	24
4.1.2 建立機器學習於高解析光學影像地表形變分析技術.....	35
4.1.3 發展多元衛星影像智慧處理與立體重建技術.....	42
4.1.4 擴充衛星影像智慧加值應用與後續推動可行性評估.....	50
4.2 應用人工智慧發展航遙測影像辨識技術與應用.....	51

4.2.1 建立航遙測影像地表形變智慧分析技術.....	51
4.2.2 建立航遙測影像智慧辨識訓練資料集，須對不同類型之資料集進行整理並分析其適用性.....	59
4.2.3 建立航遙測自動化地物智慧辨識與分類技術，並評估其精度與成效.....	72
4.2.4 評估航遙測影像結合測量實工作之智慧整合應用.....	83
4.3 衛星與航遙測影像智慧分析、辨識與製圖防災整合應用案例試辦.....	103
4.3.1 雷達衛星影像地表形變分析之試辦，至少包含全臺灣 C-波段多時期雷達影像，及選定之災害潛勢區域 L-波段與 X-波段雷達影像；前述潛勢區域之試辦須選定至少 2 處，並與內政部討論定案，任 1 處之試辦面積須達 100 平方公里以上，且運用包含(或優於) 3 公尺解析度之影像在內進行分析.....	103
4.3.2 航遙測影像分析與辨識之結果，須與相關應用平台進行整合試辦，其試辦方案須與內政部討論後辦理.....	114
4.3.3 前述試辦本團隊需自行取得相關資料，並協調應用平台之整合.....	125
4.3.4 增加以高解析(2 公尺或更優)光學衛星影像進行地表形變分析之試辦，試辦區至少須含 1 處災害潛勢區，總面積須達 100 平方公里以上，且須與機關討論選定.....	126
4.3.5 增加以臺灣地區航遙測影像進行地物辨識與分類試辦，試辦區至少須達 10 幅五千分之一圖幅範圍，且須與機關討論選定.....	134
4.4 評估智慧物聯網之防災整合應用技術.....	145
4.4.1 模擬基於感測器與模型資料，發展智慧建築等適地性應用；前述模擬須運用三維圖資在內之整合技術.....	145
4.4.2 模擬基於三維圖資與路網資訊整合路側影像感測器，發展具跨影像區域分析及物件追蹤之智慧防救災整合技術.....	157
4.4.3 以實際場域進行適地性服務應用試辦，其試辦方式與場域選擇需與內政部討論定案；前述試辦本團隊需自行取得相關資料或建置物聯網相關所需裝置.....	168
4.5 數據分析與科教活動.....	173
4.5.1 辦理高程基準潮位站數據分析工作，其至少須包含基隆與東沙潮位站數據.....	173
4.5.2 配合內政部及國立海洋科技博物館，規劃水深與高程測量相關成果發表之科學教育教材，並舉辦 1 場次(至少 6 小時)之科教活動；受邀參加活動對象需經內政部同意.....	200
4.5.3 規劃航遙測技術與應用相關成果發表之科學教育教材，並舉辦 1 場次(至少 6 小時)之	

科教活動；受邀參加活動對象需經內政部同意	202
4.6 協助推動國際測繪合作事務	205
4.6.1 本團隊應配合內政部需求，參加至少 1 場次國際測繪相關研討會，蒐集會議資料製作研討報告	205
4.6.2 本團隊應配合內政部推動臺印尼測繪協定合作事務需求，協助參與測繪技術服務團 (GEM) 技術交流，並於雙邊諮商會議提供專家諮詢顧問服務	206
4.7 成果發表及技術交流	207
4.7.1 提送國內外期刊或研討會論文文稿至少 4 篇，且其中 1 篇需提送國際期刊 (SCI/EI 等級)	207
4.7.2 以航遙測及空間數據為主題發展人工智能實驗室，強化產學合作	208
4.7.3 本團隊配合內政部參加智能測繪應用相關之年度計畫成果發表	210
4.8 成果效益評估與計畫進度管考	212
4.9 工作會議	213
第五章 結論	214
參考文獻	221
其他相關資料及附件	226

圖目錄

圖 2.1-1、工作項目關聯圖	5
圖 4.1-1、合成孔徑雷達差分干涉示意圖	25
圖 4.1-2、合成孔徑雷達差分干涉資料處理流程圖	25
圖 4.1-3、全相位回復概念示意圖	27
圖 4.1-4、PSINSAR™ 之 PS 篩選概念示意圖	28
圖 4.1-5、永久散射體像素示意圖	29
圖 4.1-6、側視雷達與地形間的觀測幾何關係	31
圖 4.1-7、臺灣地區 SENTINEL-1 衛星 IW 模式下降軌道疊置區	33
圖 4.1-8、臺灣地區 SENTINEL-1 衛星 IW 模式下降軌道陰影區	34
圖 4.1-9、研究區域	37
圖 4.1-10、前處理階段流程圖	38
圖 4.1-11、主要訓練階段流程圖	39
圖 4.1-12、卷積神經網路架構	39
圖 4.1-13、地表崩塌偵測階段流程圖	40
圖 4.1-14、地表崩塌偵測階段	41
圖 4.1-15、PLEIADES 三重疊立體像對	43
圖 4.1-16、影像方位校正流程圖	44
圖 4.1-17、數值地表模型成果圖	47
圖 4.1-18、數值地表模型成果局部放大比較圖	48
圖 4.1-19、檢核點分布圖	49
圖 4.1-20、2016 年高雄美濃地震光學與雷達災害加值圖資應用	51
圖 4.2-1、PIV 地表位移量示意圖	53
圖 4.2-2、位移資訊位置示意圖(THIELICKE & STAMHUIS, 2014)	55
圖 4.2-3、PIV 成果比較	57
圖 4.2-4、PIV 與人工量測建築物位移量比較	58
圖 4.2-5、PIV 與人工量測建築物位移量比較	58

圖 4.2-6、影像分類、物見偵測及語意分割示意圖	60
圖 4.2-7、單一標籤與多標籤示意圖	61
圖 4.2-8、NWPU-RESISC45 數據集影像範例 (ZHOU ET AL., 2018).....	63
圖 4.2-9、遷移學習運作方式.....	73
圖 4.2-10、UC-MERCED 資料集範例	75
圖 4.2-11、UC-MERCED (12 類別)檢核集之 PRECISION、RECALL 及 F1-SCORE	76
圖 4.2-12、展示部分 BIGEARTH 資料集標籤與可見光影像	79
圖 4.2-13、展示 EUROSAT 資料集各類別標籤可見光影像範例.....	79
圖 4.2-14、獨立檢核成果與訓練時間:使用 EUROSAT 各類別 100 張之資料集遷移式學習	81
圖 4.2-15、獨立檢核成果與訓練時間:使用 EUROSAT 各類別 500 張之資料集遷移式學習	81
圖 4.2-16、使用 EUROSAT 全資料集遷移式學習獨立檢核成果與訓練時間.....	82
圖 4.2-17、使用 EUROSAT 全資料集直接訓練獨立檢核成果與訓練時間.....	83
圖 4.2-18、UAV 航拍產製正射影像作業流程.....	101
圖 4.3-1、全臺灣多時期變形監測試辦成果	105
圖 4.3-2、彰化雲林地層下陷變形監測試辦成果	107
圖 4.3-3、全台變形監測試辦成果—彰化雲林	108
圖 4.3-4、彰化雲林地層下陷變形監測試辦成果—雲林虎尾區域.....	108
圖 4.3-5、全台變形監測試辦成果—濁水溪橋樑.....	109
圖 4.3-6、雲林虎尾區域變形分析成果	109
圖 4.3-7、不同波段雷達波之穿透能力示意圖	111
圖 4.3-8、L 波段 ALOS-2 花蓮地震觀測成果.....	112
圖 4.3-9、SENTINEL-1 花蓮地震觀測成果	113
圖 4.3-10、坡地防災測試區	117
圖 4.3-11、光學影像產製變形向量場	118
圖 4.3-12、崩塌前(左)後(右)航拍影像.....	118
圖 4.3-13、展示 LANDSAT 8 衛星時間範圍內低含雲量影像.....	119
圖 4.3-14、展示 LANDSAT 7 衛星時間範圍內低含雲量影像.....	119

圖 4.3-15、展示 SENTINEL 2 衛星時間範圍內低含雲量影像	120
圖 4.3-16、在 GEE 平台上觀測有崩塌點及無崩塌點之變化	120
圖 4.3-17、NDVI 時間序列比較(紅:有崩塌點，綠:無崩塌點).....	122
圖 4.3-18、多組衛星影像長期監測植生指標(NDVI、EVI)變化.....	122
圖 4.3-19、結合 GEE 雲端應用平台與航遙測影像地物辨識技術之架構圖	123
圖 4.3-20、以 RGB 展示部分下載完成影像.....	124
圖 4.3-21、以 BIGEARTHNET 辨識完成全區類別結果與單張影像示意圖.....	124
圖 4.3-22、以 BIGEARTHNET 辨識北臺灣部分類別.....	125
圖 4.3-23、試辦區域 SPOT-6/7 立體對	127
圖 4.3-24、試辦區域利用 SPOT-6/7 立體對產製之數值地表模型	127
圖 4.3-25、試辦區域數值地表模型	128
圖 4.3-26、試辦區域前後期數值地表模型高程差異	129
圖 4.3-27、試辦區域(土石流潛勢區)前後期數值地表模型高程差異	131
圖 4.3-28、試辦區域(河流區域)前後期數值地表模型高程差異	133
圖 4.3-29、臺灣地區航遙測影像地物辨識試辦測試區	135
圖 4.3-30、臺灣通用電子地圖類別分類成果.....	138
圖 4.3-31、臺灣通用電子地圖類別精度分析比較表	139
圖 4.3-32、輸入訓練資料需改進圖例	140
圖 4.3-33、國土利用調查類別分類成果.....	141
圖 4.3-34、國土利用調查分類精度分析比較表	142
圖 4.3-35、房屋變遷比較圖	144
圖 4.3-36、道路變遷比較表	145
圖 4.4-1、智慧居家之節能應用成果圖	150
圖 4.4-2、智慧居家之防盜應用成果圖	152
圖 4.4-3、停車場導引與節能應用成果圖	154
圖 4.4-4、遠距救護應用成果圖	156
圖 4.4-5、跨 CCTV 攝影機移動物件追蹤系統流程	158
圖 4.4-6、移動物件偵測測試成果	159

圖 4.4-7、測試場域及攝影機影像.....	162
圖 4.4-8、地理對位之測試成果.....	163
圖 4.4-9、移動物件辨識之成功案例.....	164
圖 4.4-10、移動物件辨識之測試成果.....	165
圖 4.4-11、VGG16 移動物件特徵所計算之相似度.....	167
圖 4.4-12、RESNET-50 移動物件特徵所計算之相似度.....	168
圖 4.4-13、國立中央大學研究中心大樓二期平面圖.....	169
圖 4.4-14、實際 CCTV 影像之測試成果.....	170
圖 4.4-15、實際高品質影像之測試成果.....	172
圖 4.5-1、基隆潮位站現況.....	176
圖 4.5-2、K997、K996 及 TG997 示意圖(影像來源:GOOGLE EARTH).....	177
圖 4.5-3、臺灣水準原點高程基準網示意圖.....	177
圖 4.5-4、水準點 K997 穩定性分析圖.....	178
圖 4.5-5、水準點 TG997 穩定性分析圖.....	178
圖 4.5-6、基隆潮位站壓力式水位計感測參考點設置位置.....	180
圖 4.5-7、水準點 TG997 與音波式水位計相對高程差.....	180
圖 4.5-8、水準點 TG997 與壓力式水位計相對高程差.....	181
圖 4.5-9、水準點 TG997 與雷達式水位計相對高程差.....	181
圖 4.5-10、基隆潮位站音波式水位計歷年潮位變化.....	183
圖 4.5-11、基隆潮位站壓力式水位計歷年潮位變化.....	184
圖 4.5-12、基隆潮位站雷達式水位計歷年潮位變化.....	185
圖 4.5-13、基隆潮位站音波式水位計觀測潮位(藍)、預報潮位(紅)與殘差(綠)時序圖.....	187
圖 4.5-14、基隆潮位站壓力式水位計觀測潮位(藍)、預報潮位(紅)與殘差(綠)時序圖.....	188
圖 4.5-15、基隆潮位站雷達式水位計觀測潮位(藍)、預報潮位(紅)與殘差(綠)時序圖.....	189
圖 4.5-16、東沙潮位站線路配置示意圖.....	193
圖 4.5-17、東沙潮位站水準點 TG77 與壓力式水位計(連續式和自記式)相對高程差.....	195
圖 4.5-18、東沙潮位站 2009 年至 2013 年觀測潮位(藍)、預報潮位(紅)與殘差(綠)時序圖.....	197
圖 4.5-19、東沙潮位站 2014 年至 2018 年觀測潮位(藍)、預報潮位(紅)與殘差(綠)時序圖.....	

.....	198
圖 4.5-20、東沙潮位站 2019 年至 2020 年觀測潮位(藍)、預報潮位(紅)與殘差(綠)時序圖	
.....	199
圖 4.5-21、研習營活動紀實	202
圖 4.5-22、航遙測技術與應用相關成果活動照片	204
圖 4.6-1、國際測量組織與臺灣參與「論壇照片	207
圖 4.7-1、GEOAI 實驗室活動照片	209
圖 4.7-2、成果發表會議程表	210
圖 4.7-3、成果發表會活動照片	212

表目錄

表 2.2-1、規劃之發展目標.....	8
表 3.2-1、預定工作進度表.....	18
表 3.3-1、各期程成果繳交項目.....	23
表 4.1-1、全臺灣變形試辦採用影像處理參數列表.....	30
表 4.1-2、不同採樣率之精度評估.....	41
表 4.1-3、立體對組合資訊表.....	45
表 4.1-4、數值地表模型精度評估統計表.....	49
表 4.2-1、PIV 參數設定.....	56
表 4.2-2、PIV 向量場與人工量測成果比較.....	57
表 4.2-3、各資料集基本資料.....	66
表 4.2-4、各資料集基本資料.....	69
表 4.2-5、各資料集基本資料.....	71
表 4.2-6、各深度學習網路之成果精度.....	77
表 4.2-7、應用 UAV 影像於地籍測繪作業之案例.....	89
表 4.2-8、UAV 航拍規劃數據及精度評估.....	91
表 4.2-9、UAV 影像輔助地籍測繪作業案例之精度評估.....	92
表 4.3-1、TERRASAR-X 拍攝模式列表.....	106
表 4.3-2、ALOS-2 拍攝模式列表.....	110
表 4.3-3、現有 GEE 應用平台專案比較.....	116
表 4.3-4、地物分類類別總表.....	136
表 4.3-5、變遷分析總表.....	143
表 4.5-1、基隆潮位站設備、型號及數量.....	176
表 4.5-2、基隆潮位站 2018 至 2020 年水位計參考點高程.....	179
表 4.5-3、基隆潮位站水位計異常及排除狀況.....	182
表 4.5-4、基隆潮位站各水位計主要分潮比較.....	186
表 4.5-5、基隆潮位站水位計平均海水面高(單位：M).....	190

表 4.5-6、基隆潮位站逐年水位計平均海水面高(單位：M)	191
表 4.5-7、東沙潮位站設備廠牌及規格表	194
表 4.5-8、東沙潮位站異常及排除狀況	195
表 4.5-9、東沙潮位站觀測潮位平均海水面高	199
表 4.5-10、東沙潮位站調和分析分潮重組平均海水面高(單位：M)	200
表 4.5-11、109 年度內政部測量基準研習營海洋與生活：空間資訊篇議程	201
表 4.5-12、航遙測技術與應用相關成果發表議程	203
表 4.6-1、「國際測量組織與臺灣參與」論壇議程	206
表 4.7-1、成果發表會主題與時段資訊	211

摘要

為發展與推廣智慧國土及智慧測繪科技以及相關應用，內政部 109 年度辦理「智能測繪科研發展計畫」，透過發展人工智慧與大量數據分析技術，利用衛星與航遙測影像進行國土地表形變分析、整理國際遙測影像訓練資料集、辦理相關科教活動等，進一步提升國土利用與形變分析技術。隨著人工智慧技術逐漸受到重視，如何將這些技術擴充及應用於國土利用與形變分析技術上，已成為刻不容緩的重要課題。

本計畫目的為發展人工智慧於測繪科技之相關應用，並透過人工智慧技術進行航遙測影像分析、辨識等應用。在技術發展與應用方面，本計畫工作成果包含：(1)透過雷達衛星影像地表形變智慧分析、機器學習等相關技術，發展衛星影像地表形變分析技術、(2)建立航遙測影像地表形變智慧分析、影像智慧辨識訓練資料集等相關技術，發展航遙測影像辨識技術與應用、(3)衛星與航遙測影像智慧分析與辨識，進行製圖防災整合應用案例試辦、(4)發展智慧物聯網之防災整合應用技術。在推動與評估方面，本計畫工作成果包含：(1)高程基準潮位站數據分析、(2)科教活動之推廣、(3)協助內政部推動國際測繪合作事務、(4)成立智能實驗室。

本期報告詳述上列工作內容之實施方法以及階段性成果。透過本計畫的執行，達到整合與強化人工智慧應用之發展、落實科技紮根、厚植國家

科研人才，以及提昇相關產業與國家整體的競爭力。

Abstract

In order to develop and promote related technologies and applications for smart land use and deformation monitoring and analyses, the Ministry of Interior (MOI) has initiated the “Technology Development for Smart Surveying and Mapping” project in 2020. The initiative aims to develop and integrate satellite and airborne remote sensing analysis with artificial intelligence (AI) and Big Data Analysis related technologies for land use and deformation monitoring and applications. In addition, the project will also promote the use of these new technologies and increase the public awareness of their applications.

In terms of technology development, the primary contents of this project include: (1) satellite-based optical and SAR data analysis for land change and deformation analysis and machine learning for this type of analysis; (2) airborne image analysis for land use and deformation monitoring and object detection applications; (3) smart analysis of satellite and airborne images for mapping and hazard mitigation applications; and (4) integrated IoT technologies for hazard mitigation applications.

On the other hand, this project also undertakes necessary tasks to promote the related technologies and their applications. These tasks include: (1) analysis of tidal station data; (2) promotion and popular science education of related topics; (3) international promotion and collaboration on surveying and mapping; and (4) establishment of smart mapping laboratories.

This report describes the materials, algorithms, and methodologies used and developed in this project as well as the progress and preliminary results of the tasks listed above. The outcomes of this project not only will integrate AI

and remote sensing for smart surveying and mapping but also build and increase the capacity for technology development and applications.

第一章 前言

1.1 計畫背景

內政部自100年起藉由「應用先進航遙測技術發展空間資訊計畫」引進國外先進航遙測技術進行測試研究，105年接續推動「空間測繪應用研究發展計畫」進一步扶植自主科研技術，加速基礎圖資之測製效率，作為災害防救、國土規劃及民生經濟等重大事務應用。

為進一步提升國土利用與形變分析技術，內政部109年度賡續辦理「智能測繪科研發展計畫」，本計畫為三年期計畫，本(109)年度為第一期之研究。透過發展人工智慧與大量數據分析技術，利用衛星與航遙測影像進行國土地表形變分析、整理國際遙測影像訓練資料集、研發自動化地物辨識技術、評估物聯網防災整合應用、潮位數據檢討分析、辦理相關科教活動、協助內政部推動國際測繪合作事務、成立智能實驗室厚植國家科研人才。

1.2 背景分析

「數位國家、智慧島嶼」為國家的發展願景，其中「前瞻基礎建設之數位建設」及「臺灣 AI 行動計畫」為推動發展的重要政策，不論是數位化或智慧化，空間資訊在數位國家基礎建設均扮演關鍵且必要的角色，因此內政部極積推動「落實智慧國土—國土測繪圖資更新及維運計畫」及「智

能測繪科研」等發展計畫，以發展智慧國土及智慧測繪科技。

智慧國土(ide@Taiwan 2020 政策白皮書)與三維國土形變發展的背景分析：臺灣地處歐亞大陸、太平洋、及菲律賓三大板塊聚合交界處，地質條件複雜。不論在平地或山區，受天然災害或人為因素的影響，地表變形的動態分析是重要議題，因此智慧國土管理與三維國土形變分析密不可分。傳統地面測量可提供高精度的地表變形監測成果，因有限的測站及經費，不易達成多時期及面狀地表變形監測的需求。航遙測影像具有高機動性及大範圍取樣的特性，為滿足大範圍三維國土形變分析的需求，有必要發展合成孔徑雷達干涉或影像匹配等國土形變分析技術。

智慧測繪與空間智能發展的背景分析：人工智慧被稱為第四次工業革命的核心，人工智慧為各個領域帶來許多新的發展契機。2019 年 Nature 期刊報導使用深度學習(Deep Learning)可自動化從航遙測影像萃取豐富的語義空間資訊(Reichstein et al., 2019)，對地球觀測、測量與繪圖、或空間智能的發展都有顯著正面的助益，因此國內外各單位均極積投入這項發展，也造就了關鍵領域的發展，如 GeoAI 及 AI4EO 等。圖資的繪製為維持所需精度與正確性，需投入大量繪點人力。從製圖的角度出發，導入人工智慧可渴望提升效能，測繪領域亦必須掌握此發展脈動及契機進行測繪產業技術升級。

綜合以上，本計畫以「三維國土形變」及「空間智能分析」為主軸，

進行技術評估、技術發展及應用試辦。

第二章 計劃目的與未來規劃

2.1 計畫目的

本計畫全程為三年期，本(109)年度為第一年計畫。本計畫目的為發展人工智慧之相關應用，包含：(1)透過雷達衛星影像地表形變智慧分析、機器學習等相關技術，發展衛星影像地表形變分析技術、(2)建立航遙測影像地表形變智慧分析、影像智慧辨識訓練資料集等相關技術，發展航遙測影像辨識技術與應用、(3)衛星與航遙測影像智慧分析與辨識，進行製圖防災整合應用案例試辦、(4)發展智慧物聯網之防災整合應用技術、(5)高程基準潮位站數據分析與科教活動之推廣。透過本計畫的執行，不僅可以整合與強化人工智慧應用之發展，落實科技紮根，本團隊之分工與工作項目關聯如圖 2.1-1所示。此外，對於人工智慧應用的推廣和人才培育等也有正面貢獻，更能提昇相關產業與國家整體的競爭力。

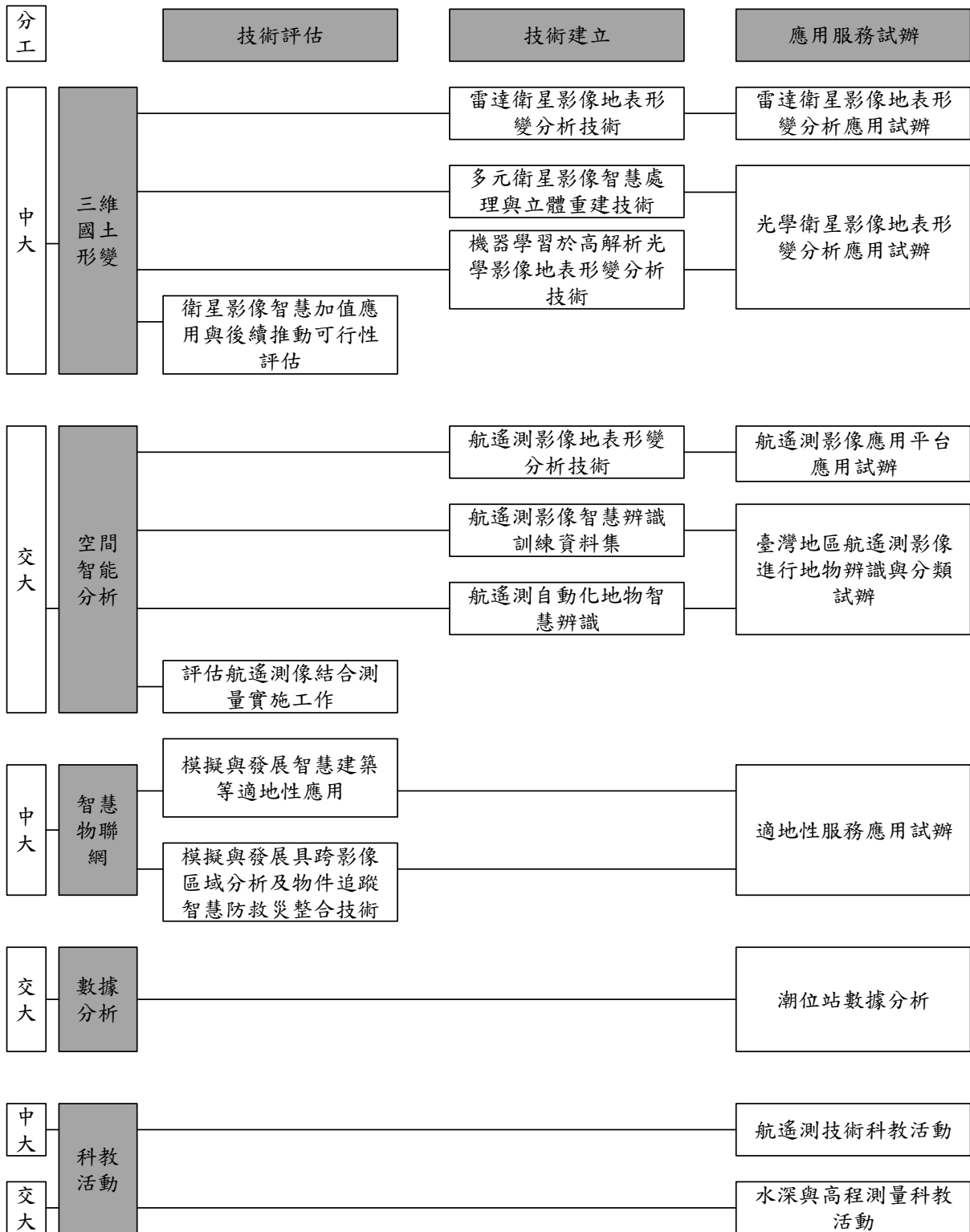


圖 2.1-1、工作項目關聯圖

2.1.1 技術建立

本計畫以「三維國土形變」及「空間智能分析」為主軸，分析、發展相關之技術，技術發展之章節項目如下：

- (1) 4.1.1 節，利用雷達衛星影像發展長期地表形變智慧分析技術。
- (2) 4.1.2 節，建立機器學習於高解析光學影像地表形變分析技術。
- (3) 4.1.3 節，發展多元衛星影像智慧處理與立體重建技術。
- (4) 4.2.1 節，建立航遙測影像地表形變智慧分析技術。
- (5) 4.2.2 節，建立航遙測影像智慧辨識訓練資料集，須對不同類型之資料集進行整理並分析其適用性航遙測影像智慧辨識訓練資料集。
- (6) 4.2.3 節，建立航遙測自動化地物智慧辨識與分類技術，並評估其精度與成效。
- (7) 4.5.1 節，蒐集分析基隆新設及東沙潮位站潮位數據，完成基礎資料建置，除此之外，前者提供海科館科學教育之輔助，後者提供離島高程參考基準，亦可做為東沙島基本海象資料建置之一環。

2.1.2 應用服務試辦

本計畫以「智慧防災」為應用服務試辦主題，將前項工作發展之技術整合於防災應用領域，此外，亦針對「智慧物聯網」進行適地性服務應用試辦，應用服務試辦章節項目如下：

- (1) 4.3.1 節，雷達衛星影像地表形變分析之試辦，至少包含全臺灣 C-波段多時期雷達影像，及選定之災害潛勢區域 L-波段與 X-波段雷達影像；前述潛勢區域之試辦須選定至少 2 處，並與內政部討論定案，任 1 處之試辦面積須達 100 平方公里以上，且運用包含(或優於) 3 公尺解析度之影像在內進行分析。
- (2) 4.3.2 節，航遙測影像分析與辨識之結果，須與相關應用平台進行整合試辦，其試辦方案須與內政部討論後辦理。
- (3) 4.3.4 節，增加以高解析(2 公尺或更優)光學衛星影像進行地表形變分析之試辦，試辦區至少須含 1 處災害潛勢區，總面積須達 100 平方公里以上，且須與機關討論選定。
- (4) 4.3.5 節，增加以臺灣地區航遙測影像進行地物辨識與分類試辦，試辦區至少須達 10 幅五千分之一圖幅範圍，且須與機關討論選定。
- (5) 4.4.3 節，以實際場域進行適地性服務應用試辦，其試辦方式與場域選擇需與內政部討論定案；前述試辦本團隊需自行取得相關資料或建置物聯網相關所需裝置。

2.2 未來規劃與構想

為使工作項目達到有效之研究與技術開發，因此增列現階段規劃之發展目標，且每年將根據規劃目標之進度、國際相關之發展等進行內部

評估，檢視、修改規劃之發展目標，以維持後續精進研究之技術。規劃之發展目標如表 2.2-1 所示。

表 2.2-1、規劃之發展目標

工作項目	分年工作		
應用人工智慧發展衛星影像地表形變分析技術與應用	1. 利用雷達衛星影像發展長期地表形變智慧分析技術		
	109	影像處理參數的建立與測試	
	110	處理參數成果精度驗證	
	111	利用機器學習進行參數最佳化	
	各期工程工作項目之關聯	本項工作規劃於三年完成地表智慧變形分析之功能，主要聚焦於智慧的影像處理參數抉擇使得變形分析成果最佳化，本(109)年度以建立自動化的影像處理系統為主要工作，未來於 110 年度規劃完成參數資料建立與成果精度分析，並於 111 年度啟動智慧參數學習的工作。	
	2. 建立機器學習於高解析光學影像地表形變分析技術		
	109	應用高解析光學影像以機器學習偵測地表崩坍	
	110	應用多時期影像及地表模型以機器學習偵測地表變形	
	111	以機器學習進行地物類別分類及形變分析	
	各期工程工作項目之關聯	本項工作規劃於三年完成機器學習進行地表形變分析之功能，本(109)年度以機器學習偵測高解析光學影像之地表崩坍為主要工作，未來於 110 年度規劃透過機器學習偵測多時期影像及地表模型之地表形變分析，並於 111 年度完成機器學習進行地表類別分類及形變分析的工作。	
	3. 發展多元衛星影像智慧處理與立體重建技術		
	109	衛星立體像對重建數值地表模型	
	110	多重疊衛星影像重建數值地表模型	
	111	以機器學習提升數值地表模型智慧處理	
	各期工程工作項目之關聯	本項工作本(109)年度目標為建立影像之物像空間關係與進行影像密匹配產生深度影像，進而產製點雲資料。未來於 110 年度預計以更多重疊之衛星影像，進行重建數值地表模型，利用多視角影像相互補償遮蔽區域，並提高匹配及定位品質，希望能夠產製更高品質之數值地表模型。而 111 年度則預計針對所產製之數值地表模型，進行特徵目標物之萃取，例如建物或道路等目標物。	
	4. 擴充衛星影像智慧增值應用與後續推動可行性評估		
	109	建立衛星影像成果圖資	
	110	智慧增值應用彙整	
	111	智慧增值應用推動可行性評估	

工作項目	分年工作		
各期 程工 作項 目之 關聯		本項工作本(109)年度目標為進行圖資之搜集與建立工作。未來於 110 年度以智慧加值應用案例彙整為主。而 111 年度則根據前兩年整合及評估成果，進行智慧加值應用可行性評估。	
應用人工 智慧發展 航遙測影 像辨識技 術與應用	1. 建立航遙測影像地表形變智慧分析技術		
	109	建立多時期 光學影像地表形變智慧分析技術	
	110	建立多時期 高程模型地表形變智慧分析技術	
	111	整合多時期 光學影像及高程模型之三維地表形變智慧分析技術	
	各期 程工 作項 目之 關聯	本項工作發展使用不同遙測資料獲取地表位移之技術。 本(109)年度建立多時正射影像為基礎之二維地表位移偵測技術，並驗證發展技術之可行性。在航測產製正射影像的過程中，同時產出數值高程模型，提供高程方向上的改變，因此第二年(110年)發展以數值高程模型進行地表位移偵測，比對使用正射影像之光譜(Spectral Inforamtion)及數值高程之高度(Shape Inforamtion)進行匹配之效益。第三年(111年)度則是整合前兩期的技術，分別從正射影像及數值高程模型獲取平面及高程位移，探討取得三維地表位移之可行性。	
	2. 建立航遙測影像智慧辨識訓練資料集，須對不同類型之資料集進行整理並分析其適用性		
	109	國際遙測影像標竿資料集整理與分析：以影像分類為主	
	110	國際遙測影像標竿資料集整理與分析：以影像分割為主	
	111	持續更新國際遙測影像標竿資料集整理與分析	
	各期 程工 作項 目之 關聯	本項工作蒐集及分析不同類型的訓練資料集。 本(109)年度標竿資料蒐集以影像單一類別(Single Label)分類為主，即每一張影像對應單一種類別(例如分類影像是否是房屋類別)，這類的標竿資料是普及化最高的測試標竿資料集。在遙測影像的分類應用中，需要知道地物在影像中的區域，即每一張影像中地物的輪廓(如偵測影像中房屋區域)，因此第二年(110年)將針對影像物件偵測之標竿資料進行分析。第三年(111年)度則是針對前兩期的標竿資料集進行更新，以獲取最新的標竿資料集，並償試使用開放資料建置臺灣地區的分類資料集。	
	3. 建立航遙測自動化地物智慧辨識與分類技術，並評估其精度與成效		
	109	發展深度學習於遙測 地物 智慧辨識技術	
	110	發展深度學習於遙測 房屋 智慧辨識技術	
111	發展深度學習於遙測 道路 智慧辨識技術		

工作項目	分年工作	
各期 程工 作項 目之 關聯		<p>本項工作發展使用深度學習技術自動化判識不同地物、房屋區域偵測及道路區域偵測</p> <p>本(109)年度配合所蒐集之影像分類訓練資料集，針對多光譜遙測影像進行地物之判識，判識影像場景的地物類別，例如分類影像是否是房屋類別。</p> <p>第二年度(110年)則是配合所蒐集之影像物件偵測資料集，針對遙測影像進行房屋區域偵測，以萃取影像中的房屋區域。</p> <p>第三年度(111年)則是配合所蒐集之影像物件偵測資料集，針對遙測影像進行道路區域偵測，以獲取影像中的道路區域。</p>
	4. 評估航遙測影像結合測量實工作之智慧整合應用	
	109	評估使用無人機輔助 地籍測量製圖 作業
	110	評估使用無人機輔助 人孔調查測量 作業
	111	評估使用無人機輔助 道路普查測量 作業
各期 程工 作項 目之 關聯		<p>本項工作評估無人機測繪技術於不同測量實工作之智慧整合應用。</p> <p>本(109)年度評估導入無人機測繪技術於「地籍測量」製圖實施作業，探討無人機影像輔助辦理非都區地籍圖更新、土地複丈等業務之案例。</p> <p>第二年度(110年)則是評估導入無人機測繪技術於「人孔調查」測量實施作業，探討無人機影像應用於公共設施管線資料庫系統之人孔測量智慧整合。</p> <p>第三年度(111年)則是評估導入無人機測繪技術於「道路普查」測量實施作業，探討無人機影像應用於道路設施測量應用。</p> <p>經由前述評估作業，探討在測量作業中引入無人機測繪技術及智慧製圖技術之應用案例。</p>
衛星與航 遙測影像 智慧分 析、辨識與 製圖防災 整合應用 案例試辦	1. 雷達衛星影像地表形變分析之試辦，至少包含全臺灣 C-波段多時期雷達影像，及選定之災害潛勢區域 L-波段與 X-波段雷達影像；前述潛勢區域之試辦須選定至少 2 處，並與內政部討論定案，任 1 處之試辦面積須達 100 平方公里以上，且運用包含(或優於) 3 公尺解析度之影像在內進行分析	
	109	影像處理流程、參數設定與對應成果的產製
	110	引入更多試辦案例，完成參數資料建立與成果精度分析
	111	引入前期成果為人工智慧參數學習基礎，啟動智慧參數學習工作
	各期 程工 作項 目之 關聯	<p>本項工作本(109)年度利用雷達衛星影像發展長期地表形變智慧分析技術，完成影像處理流程、初始參數設定與對應成果的產製。規劃於 110 年度引入更多試辦案例，逐步建立影像處理之參數數據庫與經驗，於 111 年度，引入前期成果作為人工智慧參數學習之基礎，同時亦逐步建立臺灣各地的初步變形分析圖資。</p>

工作項目	分年工作	
	2. 航遙測影像分析與辨識之結果，須與相關應用平台進行整合試辦，其試辦方案須與內政部討論後辦理	
	109	坡地防災應用平台試辦
	110	精進坡地防災應用平台試辦
	111	精進坡地防災應用平台試辦
各期工程工作項目之關聯	<p>本項工作使用 Google Earth Engine (GEE)應用平台進行坡地防災應用。</p> <p>GEE 遙測大數據平台是遙測應用的重要發展趨勢，其優勢是可進行遙測大數據時序分析與應用。本(109)年度使用 GEE 應用平台整合航遙測影像分析與辨識之結果，發展以時序光學衛星影像為基礎之坡地防災植生復育。主動式雷達影像較不受天候條件影響，具有可週期性獲取地表影像的優勢，第二年度(110 年)持續精度使用 GEE 應用平台發展坡地防災應用，進一步發展以時序雷達衛星影像之振幅(Amplitude)及相位(Phase)回波特性，探討坡地防災植生復育。第三年度(111 年)則是融合光學衛星影像及雷達回波影像，坡地防災應用平台試辦。</p>	
	3. 增加以高解析(2 公尺或更優)光學衛星影像進行地表形變分析之試辦，試辦區至少須含 1 處災害潛勢區，總面積須達 100 平方公里以上，且須與機關討論選定	
	109	分析光學衛星影像，進行數值地表模型的高程差異分析
	110	不同種類多時期地表形變分析
	111	不同種類多時期地表形變分析
各期工程工作項目之關聯	<p>本項工作本(109)年度分析光學衛星影像，進行數值地表模型的高程差異分析。透過本(109)年度發展之技術，未來於 110、111 年度規劃以更多種類型之多時期地表形變分析。</p>	
	4. 增加以臺灣地區航遙測影像進行地物辨識與分類試辦，試辦區至少須達 10 幅五千分之一圖幅範圍，且須與機關討論選定	
	109	地物辨識試辦
	110	地物變遷試辦
	111	精進地物辨識與變遷試辦

工作項目	分年工作	
	各期程工作項目之關聯	本項工作本(109)年度選定試辦區，並進行不同年度航空正射影像之地物辨識作業。未來於 110 年將選定試辦區，進行地物變遷試辦，而 111 年度將基於 109 年及 110 年之試辦成果，精進地物辨識與變遷試辦。
評估智慧物聯網之防災整合應用技術	109	針對數項智慧應用進行模擬測試，發展跨 CCTV 攝影機移動物件追蹤技術
	110	選擇特定領域以模擬案例方式進行深度探討，例如智慧工廠；探討物聯網之沈浸式人機互動方案，如擴增實境或混合實境
	111	於實際場域建置物聯網基礎建設測試智慧應用
	各期程工作項目之關聯	本項工作於本(109)年度測試並證明透過模擬可避免花費大量時間與金錢成本實際佈設物聯網硬體設施，並發展跨 CCTV 攝影機影像移動物件追蹤技術作為物聯網位置資訊之重要來源。未來於 110 年將選擇特定領域以模擬案例方式探討物聯網、地理圖資、及人工智慧之應用，例如智慧工廠，此外亦將探討利用擴增實境或混合實境達成更為直覺化的物聯網人機互動方案。於 110 年度將尋找合作單位於實際場域部署相關之物聯網基礎建設及智慧應用。
數據分析與科教活動	1. 辦理高程基準潮位站數據分析工作，其至少須包含基隆與東沙潮位站數據	
	109	基隆新設潮位站、東沙潮位站之潮位數據分析
	110	基隆新設潮位站、東沙潮位站之潮位數據分析
	111	配合內政需求辦理
	各期程工作項目之關聯	本項工作本(109)年度工作為分析基隆新設潮位站、東沙潮位站之潮位數據。未來於 110 年擬持續分析基隆新設及東沙潮位站，前述兩個潮位站擬於 111 年移交給氣象局，111 年工作將視後續需求辦理。
	2. 配合內政部及國立海洋科技博物館，規劃水深與高程測量相關成果發表之科學教育教材，並舉辦 1 場次(至少 6 小時)之科教活動；受邀參加活動對象需經內政部同意	
	109	於海洋科技博物館辦理研習營
	110	配合內政部需求辦理
	111	配合內政部需求辦理
各期程工作項目之關聯	本(109)年度於海洋科技博物館辦理「海洋與生活：空間資訊篇」，教材以基隆潮位站及鄰近之臺灣水準原點為主題，內容包含水準原點、潮汐、高程測量，對象為高中職學生為主。未來於 110、111 年度規劃將配合內政部需求辦理。	

工作項目	分年工作	
	3. 規劃航遙測技術與應用相關成果發表之科學教育教材，並舉辦 1 場次(至少 6 小時)之科教活動；受邀參加活動對象需經內政部同意	
	109	規劃航遙測技術與應用相關成果之科教活動
	110	配合內政部需求辦理
	111	
各期程工作項目之關聯	本(109)年度本團隊與國立中央大學太空及遙測研究中心-資源衛星接收站合辦，規劃航遙測技術與應用相關成果，並以衛星遙測科技應用案例進行說明，對象為高中、國中與國小教師為主。。未來於 110、111 年度規劃將配合內政部需求辦理。	
協助推動國際測繪合作事務	109	參加至少 1 場次國際測繪相關研討會。協助參與測繪技術服務團(GEM)技術交流
	110	配合內政部需求辦理
	111	配合內政部需求辦理
	各期程工作項目之關聯	本(109)年度參加 GI Week 2020 Virtual Conference、ISPRS 2020 Virtual Event、IGARSS 2020: Virtual Symposium，並配合內政部與中華測繪聯合會共同舉辦之「國際測量組織與臺灣參與」論壇，參與國際論壇進行技術交流。未來於 110、111 年度規劃將配合內政部需求辦理。
成果發表及效益評估	109	進行期刊與論文投稿、成立人工智能實驗室，配合內政部之年度計畫成果發表活動，進行三小時之成果發表
	110	配合內政部需求辦理
	111	
	各期程工作項目之關聯	本(109)年度共投稿 5 篇期刊、論文，成立 GeoAI@NCU 及 GeoAI@NCTU 實驗室，研發三維國土形變與空間智能分析之相關智慧製圖技術，推動智慧製圖與空間資訊領域產業之聯結。並配合內政部參加 11 月 17 日舉辦之智能測繪應用相關之年度計畫成果發表活動，本團隊進行三小時之成果發表，共四項主題。未來於 110、111 年度規劃將配合內政部需求辦理。

第三章 工作項目

3.1 工作項目

本團隊由國立中央大學太空及遙測研究中心、國立交通大學防災與水環境研究中心組成。109 年度計畫期程自 109 年 4 月 27 日至 109 年 11 月 25 日止，各項工作項目之說明如下。

一、應用人工智慧發展衛星影像地表形變分析技術與應用

- (一)利用雷達衛星影像發展長期地表形變智慧分析技術。
- (二)建立機器學習於高解析光學影像地表形變分析技術。
- (三)發展多元衛星影像智慧處理與立體重建技術。
- (四)擴充衛星影像智慧加值應用與後續推動可行性評估。

二、應用人工智慧發展航遙測影像辨識技術與應用

- (一)建立航遙測影像地表形變智慧分析技術。
- (二)建立航遙測影像智慧辨識訓練資料集，須對不同類型之資料集進行整理並分析其適用性。
- (三)建立航遙測自動化地物智慧辨識與分類技術，並評估其精度與成

效。

(四)評估航遙測影像結合測量實工作之智慧整合應用。

三、衛星與航遙測影像智慧分析、辨識與製圖防災整合應用案例試辦

(一)雷達衛星影像地表形變分析之試辦，至少包含全臺灣 C-波段多時期雷達影像，及選定之災害潛勢區域 L-波段與 X-波段雷達影像；前述潛勢區域之試辦須選定至少 2 處，並與內政部討論定案，任 1 處之試辦面積須達 100 平方公里以上，且運用包含(或優於) 3 公尺解析度之影像在內進行分析。

(二)航遙測影像分析與辨識之結果，須與相關應用平台進行整合試辦，其試辦方案須與內政部討論後辦理。

(三)前述試辦本團隊需自行取得相關資料，並協調應用平台之整合。

(四)增加以高解析(2 公尺或更優)光學衛星影像進行地表形變分析之試辦，試辦區至少須含 1 處災害潛勢區，總面積須達 100 平方公里以上，且須與機關討論選定。

(五)增加以臺灣地區航遙測影像進行地物辨識與分類試辦，試辦區至少須達 10 幅五千分之一圖幅範圍，且須與機關討論選定。

四、評估智慧物聯網之防災整合應用技術

- (一)模擬基於感測器與模型資料，發展智慧建築等適地性應用；前述模擬須運用三維圖資在內之整合技術。
- (二)模擬基於三維圖資與路網資訊整合路側影像感測器，發展具跨影像區域分析及物件追蹤之智慧防救災整合技術。
- (三)以實際場域進行適地性服務應用試辦，其試辦方式與場域選擇需與內政部討論定案；前述試辦本團隊需自行取得相關資料或建置物聯網相關所需裝置。

五、數據分析與科教活動

- (一)辦理高程基準潮位站數據分析工作，其至少須包含基隆與東沙潮位站數據。
- (二)配合內政部及國立海洋科技博物館，規劃水深與高程測量相關成果發表之科學教育教材，並舉辦 1 場次(至少 6 小時)之科教活動；受邀參加活動對象需經內政部同意。
- (三)規劃航遙測技術與應用相關成果發表之科學教育教材，並舉辦 1 場次(至少 6 小時)之科教活動；受邀參加活動對象需經內政部同意。

六、協助推動國際測繪合作事務

- (一)本團隊應配合內政部需求，參加至少 1 場次國際測繪相關研討會，

蒐集會議資料製作研討報告。

- (二)本團隊應配合內政部推動臺印尼測繪協定合作事務需求，協助參與測繪技術服務團(GEM)技術交流，並於雙邊諮商會議提供專家諮詢顧問服務。

七、成果發表及技術交流

- (一)提送國內外期刊或研討會論文文稿至少 4 篇，且其中 1 篇需提送國際期刊（SCI/EI 等級）。
- (二)以航遙測及空間數據為主題發展人工智能實驗室，強化產學合作。
- (三)配合內政部辦理 109 年度行政院災害防救科技創新服務方案，並協助研發災後智慧監測、變異分析及物聯網防災應用相關作業與成果展示。
- (四)本團隊需配合內政部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），所需講者出席費由本團隊負擔，至於活動主題、場地、日期與議程等細節，需適時配合內政部作業。

八、成果效益評估與計畫進度管考

依據科技計畫績效管考平台 (<http://stprogram.stpi.narl.org.tw/>) 提供格式，配合內政部辦理本案計畫「科技發展計畫績效評估作業」自評作業需求，參考內政部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。

九、工作會議

本團隊定期召開工作會議，並適時接受諮詢。其中 2 次需邀請使用者 (名單需先與內政部討論) 參與交換意見，並作為後續應用方向或執行參考，所需費用由本團隊負擔。

3.2 工作進度

本團隊各項工作預定進度如表 3.2-1，藍色線段為預計進度，黃色區塊為實際進度，透過工作進度表以利檢測工作進度。

表 3.2-1、預定工作進度表

項次	工作項目	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
1	工作計畫書與各期報告											
	工作計畫書			—								
	期中報告				—							

項次	工作項目	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
	期末報告										
2	應用人工智慧發展衛星影像地表形變分析技術與應用										
	利用雷達衛星影像發展長期地表形變智慧分析技術										
	建立機器學習於高解析光學影像地表形變分析技術										
	發展多元衛星影像智慧處理與立體重建技術										
	擴充衛星影像智慧加值應用與後續推動可行性評估										
3	應用人工智慧發展航遙測影像辨識技術與應用										
	建立航遙測影像地表形變智慧分析技術										
	建立航遙測影像智慧辨識訓練資料集，須對不同類型之資料集進行整理並分析其適用性										
	建立航遙測自動化地物智慧辨識與分類技術，並評估其精度與成效										
	評估航遙測影像結合測量實工作之智慧整合應用										
4	衛星與航遙測影像智慧分析、辨識與製圖防災整合應用案例試辦										
	雷達衛星影像地表形變分析之試辦										
	航遙測影像分析與辨識之結果，須與相關應用平台進行整合試辦，其試辦方案須與內政部討論後辦理										
	前述試辦本團隊需自行取得相關資料，並協調應用平台之整合										

項次	工作項目	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
	增加以高解析(2公尺或更優)光學衛星影像進行地表形變分析之試辦，試辦區至少須含1處災害潛勢區，總面積須達100平方公里以上，且須與機關討論選定										
	增加以臺灣地區航遙測影像進行地物辨識與分類試辦，試辦區至少須達10幅五千分之一圖幅範圍，且須與機關討論選定										
5	評估智慧物聯網之防災整合應用技術										
	模擬基於感測器與模型資料，發展智慧建築等適地性應用；前述模擬須運用三維圖資在內之整合技術										
	模擬基於三維圖資與路網資訊整合路側影像感測器，發展具跨影像區域分析及物件追蹤之智慧防救災整合技術										
	以實際場域進行適地性服務應用試辦，其試辦方式與場域選擇需與內政部討論定案；前述試辦本團隊需自行取得相關資料或建置物聯網相關所需裝置										
6	數據分析與科教活動										
	辦理高程基準潮位站數據分析工作，其至少須包含基隆與東沙潮位站數據										

項次	工作項目	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
	配合內政部及國立海洋科技博物館，規劃水深與高程測量相關成果發表之科學教育教材，並舉辦1場次(至少6小時)之科教活動；受邀參加活動對象需經內政部同意										
	規劃航遙測技術與應用相關成果發表之科學教育教材，並舉辦1場次(至少6小時)之科教活動；受邀參加活動對象需經內政部同意										
7	協助推動國際測繪合作事務										
	本團隊應配合內政部需求，參加至少1場次國際測繪相關研討會，蒐集會議資料製作研討報告										
	本團隊應配合內政部推動臺印尼測繪協定合作事務需求，協助參與測繪技術服務團(GEM)技術交流，並於雙邊諮商會議提供專家諮詢顧問服務										
8	成果發表及技術交流										
	提送國內外期刊或研討會論文文稿至少4篇，且其中1篇需提送國際期刊(SCI/EI等級)										
	以航遙測及空間數據為主題發展人工智能實驗室，強化產學合作										
	配合內政部辦理109年度行政院災害防救科技創新服務方案，並協助研發災後智慧監測、變異分析及物聯網防災應用相關作業與成果展示										

項次	工作項目	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
	本團隊需配合內政部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,需適時配合內政部作業										
9	成果效益評估與計畫進度管考										
10	工作會議										

3.3 繳交成果及繳驗時程

本計畫之執行分為三個期程完成下列項工作項目，包含工作計畫書、期中報告及期末報告，各期程成果繳交項目如表 3.3-1 所示。本團隊依照契約書及工作規格書相關規定確實執行，並於工作項目完成後將應繳交之各項成果送交內政部，經審核認可後為合格，若有資料不詳、不全、錯誤或系統功能不符合需求者，則退還本團隊補正，本團隊應於內政部發文通知日次日起 14 天內完成資料之修正。各期程之說明如下：

- 一、 工作計畫書：本團隊於簽約日起 1 個月內，就以下各項工作採目標管理法(OKR)規劃繳交「工作計畫書」，並依工作計畫書核定方式（或更優方式）辦理相關工作。
- 二、 期中報告已於 109 年 7 月 8 日前繳交，期末報告將於 109 年 11 月 25 日前繳交，並依第一、二期成果審查意見修正，於內政部指定期限內，

依審查意見修正後繳交期末報告定稿。

表 3.3-1、各期程成果繳交項目

期別	成果繳交項目及份數	成果繳交期限
第 1 期	工作計畫書書面資料 2 份及電子檔 1 份。	簽約日起 1 個月內。
第 2 期	1. 期中報告書 10 份。 2. 國內外期刊或研討會論文文稿 1 篇	109 年 7 月 10 日前繳交。
第 3 期	1. 期末報告書 10 份。 2. 國內外期刊或研討會論文文稿 3 篇	1. 109 年 11 月 25 日前繳交。 2. 期末報告書經召開審查會議辦理驗收後，倘需修正，本團隊需於內政部指定期限內繳交修正後期末報告書 5 份及其電子檔 1 份。

第四章 實施方法與成果

4.1 應用人工智慧發展衛星影像地表形變分析技術與應用

4.1.1 利用雷達衛星影像發展長期地表形變智慧分析技術

本節敘述應用人工智慧發展雷達遙測變形監測技術，本計畫規劃於三年完成地表智慧變形分析之功能，本(109)年度主要聚焦於智慧影像處理參數抉擇使得變形分析成果最佳化，以建立自動化的影像處理系統為主要工作，未來規劃完成參數資料建立與成果精度分析與啟動智慧參數學習的工作

長時間的地表變形如地層下陷、斷層滑動、坡地潛移等常會造成災害的發生，該類變遷光學衛星難以觀測，因此常以合成孔徑雷達差分干涉技術 (Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar, DInSAR) 來實現，本方法係以衛載雷達系統，對地面發射雷達波後接收其回波，從而得到地表回波之強度與相位資訊。人造衛星於以太陽同步軌道運行，可以對單一地點進行週期性的拍攝，而得到此地區連續時間的雷達影像，將兩幅不同時間拍攝的影像進行差分干涉，可以得到在兩幅影像拍攝期間因目標距離變化產生的波相位差，經過計算後便得到地表變形的量值(圖 4.1-1) (Massonnet and Feigl, 1998)。

利用軌道衛星持續拍攝的特性，用長時間獲取之雷達遙測影像進行 DInSAR 分析，獲取不同時期的地表變形量，便能重建觀測區域的地表變形歷史，本技術已成功應用於火山、斷層等地表形變的監測(Tai et al., 2018; Tsai et al., 2019)。

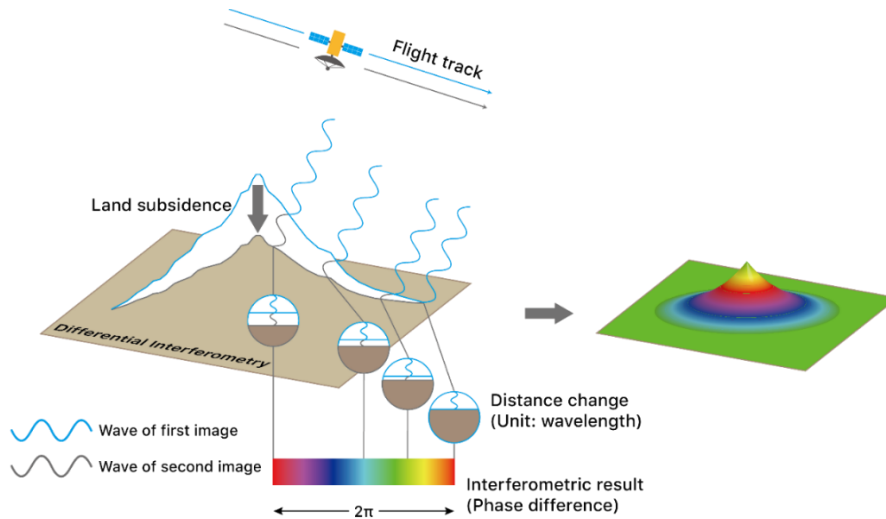


圖 4.1-1、合成孔徑雷達差分干涉示意圖

DInSAR 技術須以兩張以上之雷達影像來進行處理，首先必須經過裁切、套用經軌資料等前處理，再進行項配準、產生干涉圖、全相位回復、地理坐標投影等步驟，影像處理流程如圖 4.1-2 所示，以下詳細敘述各步驟之處理方法與過程。

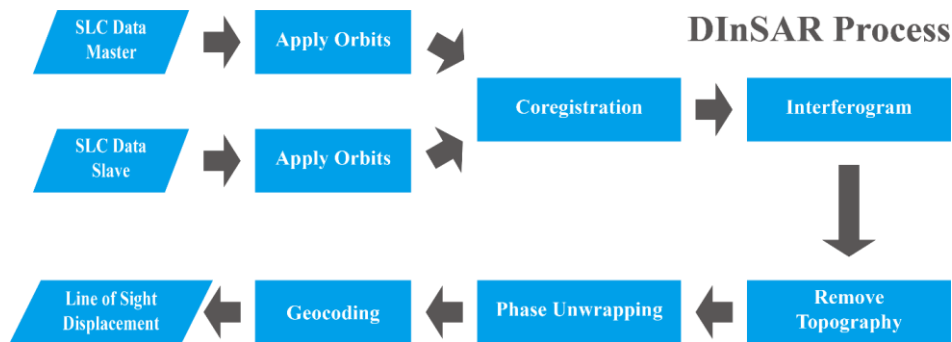


圖 4.1-2、合成孔徑雷達差分干涉資料處理流程圖

1. 套用精密軌道資料(Apply Orbits)

雷達衛星產品之軌道資料通常為衛星平台之初始紀錄，有些衛星任務會在影像產品釋出後一至兩周期間再釋出重新計算的軌道資料，此資料有利於降低軌道效應產生的相位誤差，因此精密軌道資料在影像處理之前必須先行匯入。

2. 影像配準(Coregistration)

雷達差分干涉前必須先進行影像配準(Coregistration)，此為雷達影像處理之基本步驟，將不同時期之影像中代表同一散射體之像素校正至同一位置，以確保後續進行差分干涉時所計算之相位差來自同一散射體。

3. 產生干涉圖(Interferogram)

完成影像配準之後，則可以進行差分干涉之步驟，將兩張雷達影像各像素之相位值相減來產生干涉圖。

4. 除去地形效應(Remove Topography)

地形高程所產生之相位包含於初始之干涉圖中，欲擷取出地表變形之資訊，需輸入數值高程模型來模擬計算地形產生之相位，並自干涉圖中扣除，方能獲取地表變形所產生之相位。若以生產數值高程模型為目的進行差分干涉處理時則忽略此一步驟，便可以生成含有高程資訊之差分干涉成果。

5. 全相位回復(Phase Unwrapping)

代表地表變形之相位差資訊需經過全相位回復(Phase Unwrapping)的過程方能解算為地表變形量，其概念如圖 4.1-3 所示，將 $-\pi$ 至 π 的相位資訊解算為 $0 \sim X\pi$ 的總相位變化量，最後由於雷達波之觀測包含往返的相位，因此乘上半雷達波長即為變形量。

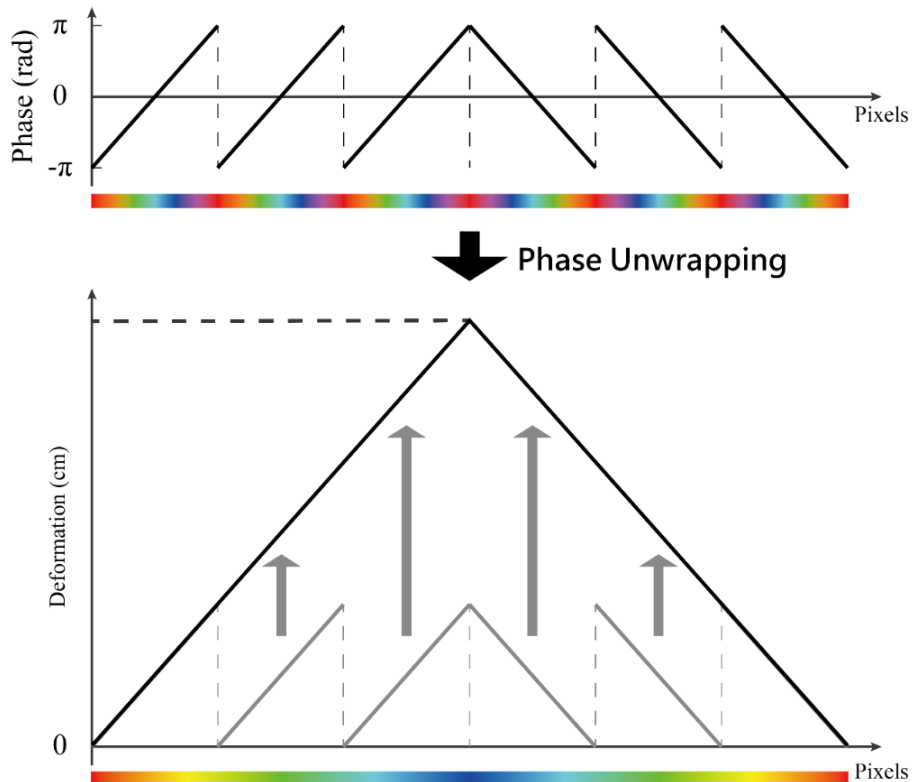


圖 4.1-3、全相位回復概念示意圖

傳統 DInSAR 技術已發展數十年，其在測地學的應用已經相當純熟，但由於該技術的物理特性，使其使用上仍有諸多限制，其中主要限制來自於雷達相位相關性會隨影像時間差距拉大而降低，因此長時間的地表變形觀測需要更有效的資料處理方法。

Ferretti 等人提出的永久散射體雷達差分干涉技術成功解決多年來傳統

DInSAR 於雷達影像嚴重失相關的地區無法取得正確地表形變資訊的問題。此技術之核心理念為：選取雷達影像中具有高相關性的像素為永久散射體，概念見圖 4.1-4，此類像素通常具有高訊號強度，又相位穩定性與回波訊號強度呈正相關，因此藉由設定雷達回波訊號的強度門檻，可以篩選出具備 PS 潛力的像素，稱作 PS 候選點 (Permanent Scatterers Candidates, PSC)，這些 PSC 像素能真正反映地表變形的情况，而後再利用 DEM 與大氣模型來對這些 PSC 進行地形效應及大氣效應的修正，進而得到正確的干涉結果。此法已經成功使用於斷層活動的測量以及山崩活動的觀測(Colesanti et al., 2003)。

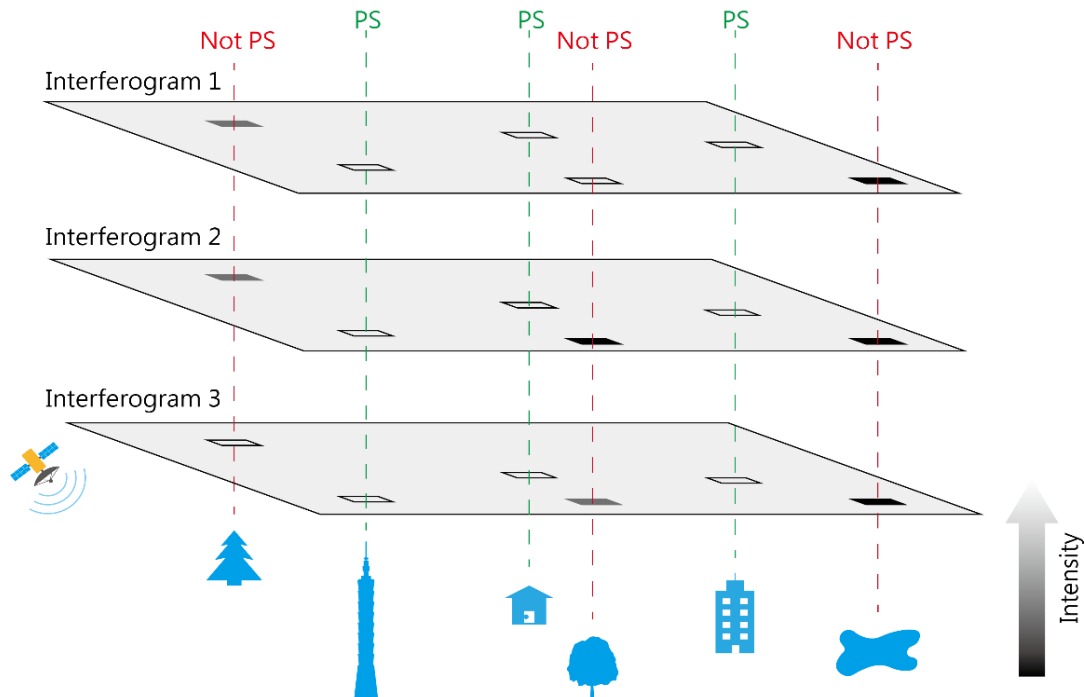


圖 4.1-4、PSInSAR™ 之 PS 篩選概念示意圖

利用雷達回波的訊號強度作為 PS 像素選取依據的方法，在高訊噪比

(SNR>10) 之環境可以正確選出相位穩定的 PS 像素，進而解算出優良的結果；然而在訊噪比低的環境，訊號強度與相位穩定度不再呈現正相關，單純考慮訊號強度所篩選出來的 PSC 未必具有 PS 像素的性質，因此 Permanent Scatterers InSAR 便不再適用。

因此 Hooper 等人發展出另一種永久散射體雷達差分干涉技術 (Persistent Scatterers InSAR, PSInSAR)，此方法基於雷達反射波強度分析，選出可能具備 PS 性質的像素後，在對其進行相位穩定性分析，篩選相位表現相對穩定的 PSC 作為後續干涉運算與誤差估計的 PS 像素，經篩選過之永久散射體像素其相位資訊能真正反映該地區之地表變形，概念見圖 4.1-5 (Hooper, 2004)。

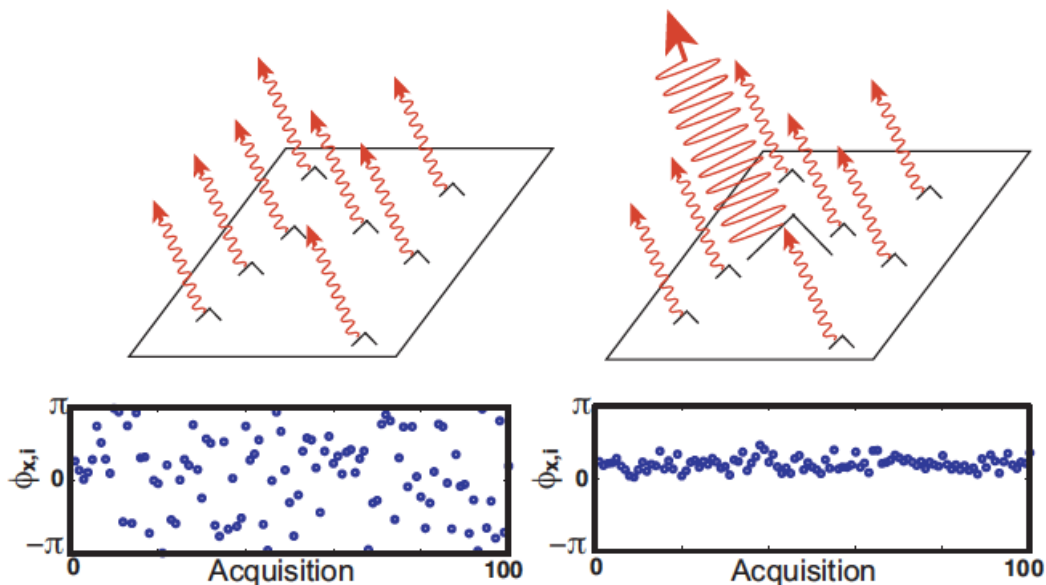


圖 4.1-5、永久散射體像素示意圖

永久散射體雷達差分干涉技術之影像處理過程中牽涉多項參數的調整，

選用劣質的參數將導致變形計算精度不佳，甚至難以獲取地表變形，因此影像處理參數的選擇至關重要。

影像處理參數之建立需要依據影像處理經驗來決定起始的參數設定，對於無經驗的使用者而言，一般會使用影像處理方法作者或程式設計者所設定的預設值作為初始參數設定，此類預設值大多能正常完成影像處理流程並獲得成果，僅有少部分影像可能會處理失敗。然而即使成功完成影像處理，成果仍須經過進一步驗證，方能確保變形數據符合實際情況，若該成果呈現的地表變形不合理，通常需要更動影像處理參數並重新進行處理。

本節以 4.3.1 節全臺灣 C 波段變形成果之案例為示範，列出各項影像處理關鍵參數使用的初始值，見表 4.1-1。

表 4.1-1、全臺灣變形試辦採用影像處理參數列表

Coregistration	DEM file	內政部全台 20m DEM
	DEM resample method	Cubic Convolution
	Images resample method	Bilinear interpolation
	Mask out area with no elevation	true
Interferogram formation	Subtract flat earth phase	true
	Degree of “flat earth” polynomial	5
	Number of “flat earth” estimation points	501
	Orbit interpolation degree	3
	Include coherence	true
	Square pixel	true
	Coherence azimuth win size	10
	Coherence range win size	2

Topographic phase removal	DEM file	內政部全台 20m DEM
	Orbit interpolation degree	Same as interferogram formation operator
	Tile Extension	100%
	Output topophase band	false
	Output elevation band	true
	Output Lat/Lon bands	true
PSInSAR	Threshold of radar intensity	0.4
	Standard deviation of phase stability	0.8

SAR 影像疊置區與陰影區分析

雷達遙測之設計為側視系統，由於地形坡度的差異，使得雷達訊號的相對入射角度亦不同，造成面對感測器的坡度回波訊號較強，而背向坡之回波則較弱。另外，雷達遙測係記錄目標物到感測器的斜距 (slant range)，而影像的獲取又是依據回波時間的先後順序而定，所以地形起伏較劇烈處，容易產生幾何變形，根據不同坡度，影像與真實狀況會有出入。雷達感測器相對於目標物的幾何示意圖如圖 4.1-6 所示。側視雷達與地形間的觀測幾何關係，常見的幾何變形主要有疊置(Layover)、陰影(Shadow)與前坡縮短(Foreshortening)三種。

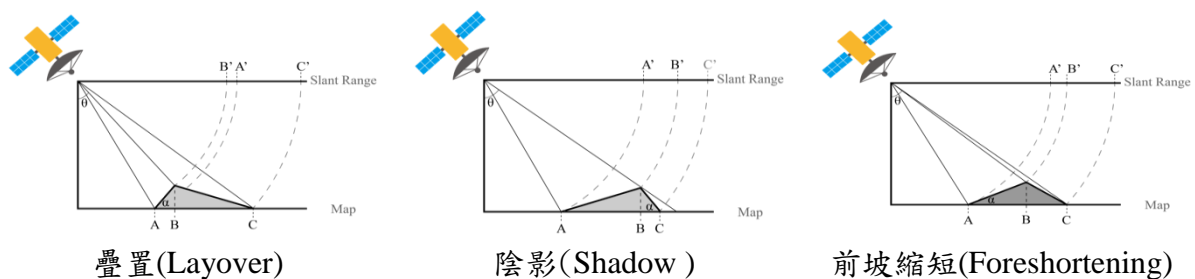


圖 4.1-6、側視雷達與地形間的觀測幾何關係

一、疊置

面向坡的坡度大於雷達波束和地面的夾角時，將產生疊置的現象。此現象的成因，乃是因為山頂的雷達回波訊號最靠近感測器，造成背向坡 (backslope) 和面向坡的回波訊號在影像上重疊，使得疊置區域回波強度特別強。例如，陡峭的山脊、稜線在影像

二、陰影

當背向坡太過於陡峭使得 SAR 的雷達波無法到達時，該區的資料即會完全流失，在影像上僅呈現雜訊。

三、前坡縮短

當面向坡 (foreslope) 的坡度小於雷達波束和地面的夾角時，即會產生前坡縮短的現象。此種幾何變形的原因，是因為雷達波前分別到山頂和山腳的距離很短，而面向坡的回波訊號都在這個短距離內(A'B')成像，使得在影像中的特徵比實際情形(AB)短縮且回波強度較強。

為了降低由於以上觀測幾何的問題而造成對 InSAR 成果解讀的錯誤的可能性，我們對雷達影像進行疊置與陰影區的分析，並製作成遮罩，未來在參數學習時會套用該遮罩，將一些觀測成果不可信的像素點(如陰影區的永久散射體像素)移除，避免後續對於變形量的解讀錯誤或誤判造成學習之結果失準。

Sentinel-1 衛星由於觀測角度、軌道固定，因此我們利用影像資料提供的軌道參數，再引入數值地形模型，完成臺灣地區 Sentinel-1 衛星 IW 模式之疊置區與陰影區遮罩，成果見圖 4.1-7、圖 4.1-8，圖中白色區域為疊置區與陰影區的位置。

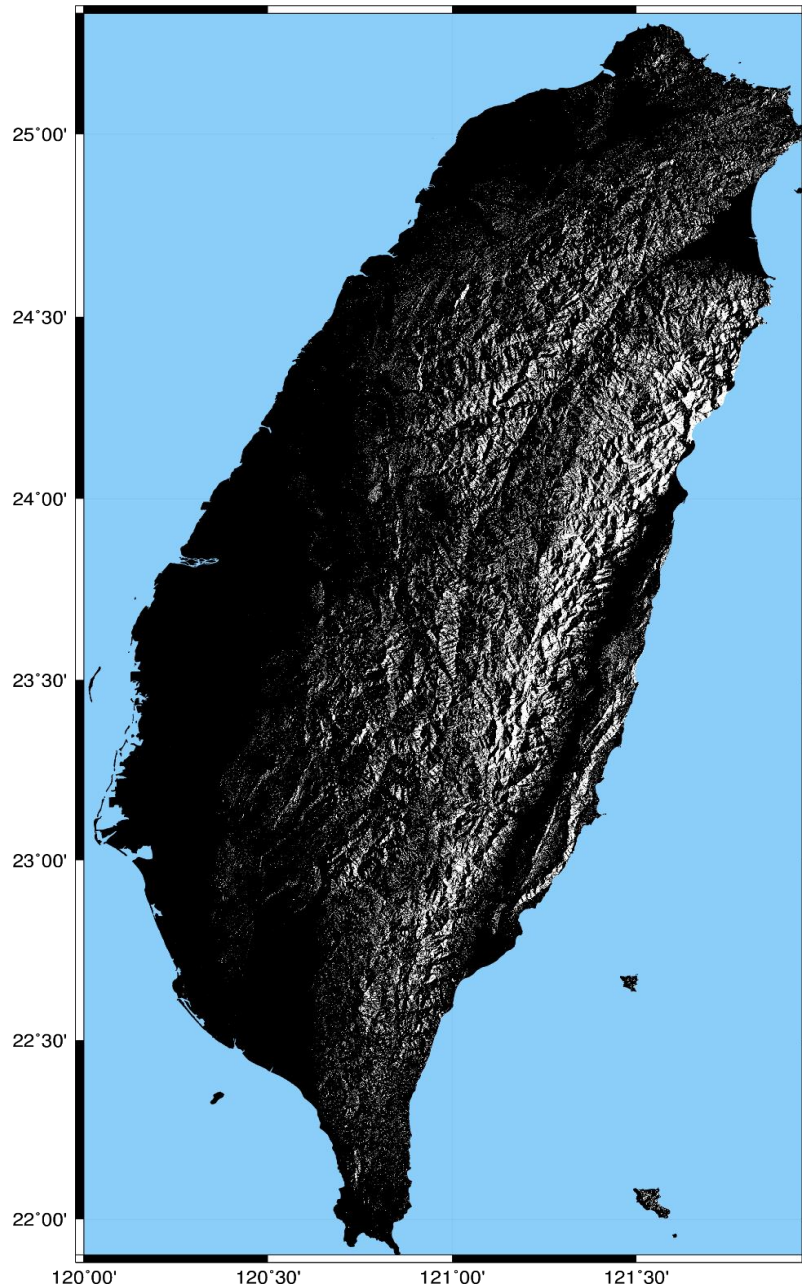


圖 4.1-7、臺灣地區 Sentinel-1 衛星 IW 模式下降軌道疊置區

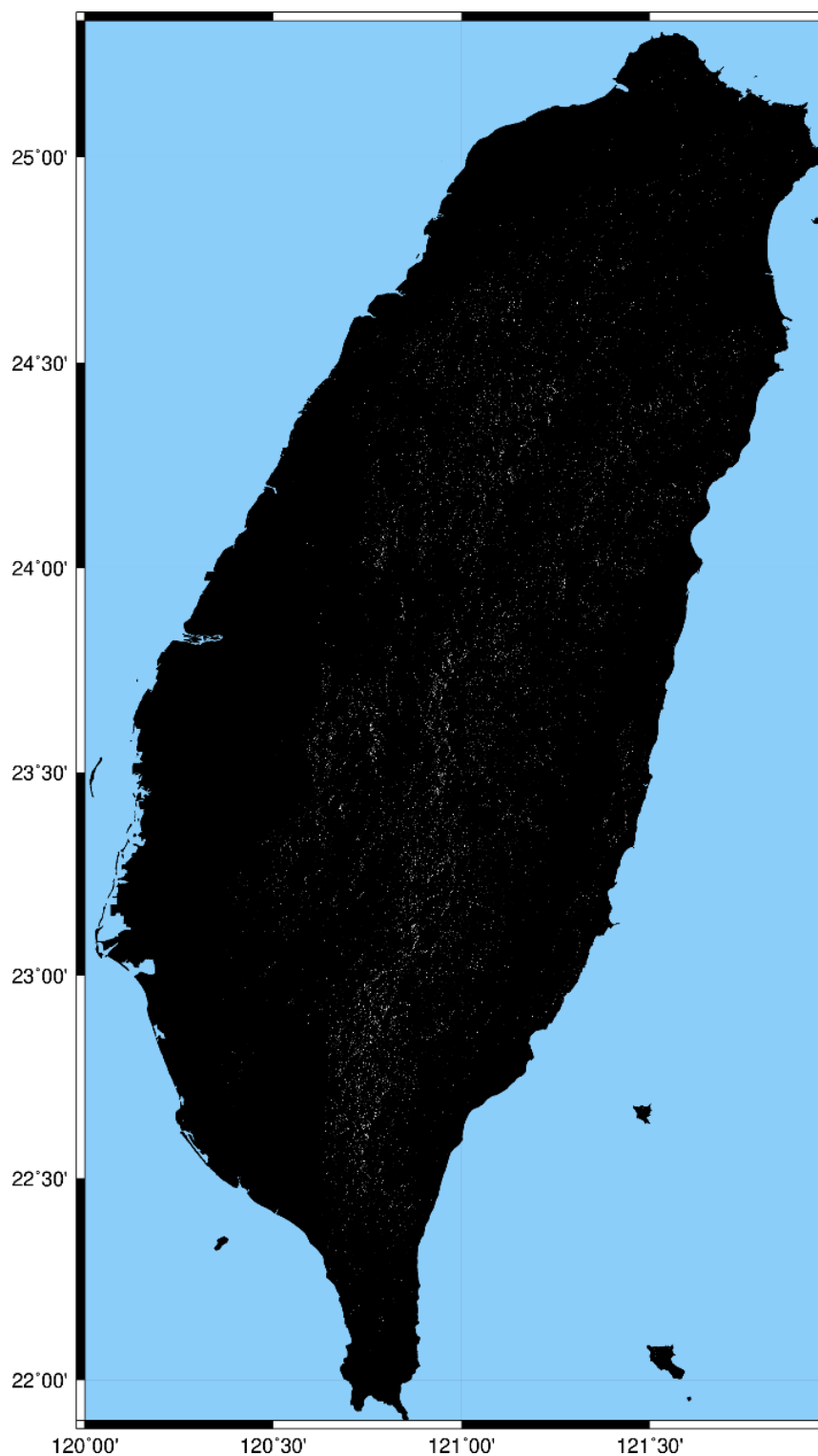


圖 4.1-8、臺灣地區 Sentinel-1 衛星 IW 模式下降軌道陰影區

4.1.2 建立機器學習於高解析光學影像地表形變分析技術

本項工作規劃於三年內完成機器學習進行地表形變分析之功能，本(109)年度以機器學習偵測高解析光學影像之地表崩坍為主要工作，未來規劃完成機器學習偵測多時期影像及地表模型之地表形變分析。

應用雷達衛星影像進行地表形變分析時，可得公分等級之變形狀況，雖然光學衛星影像所產製之數值地表模型精度較低，但可同時取得多光譜之光學衛星影像，藉由多光譜影像資訊可輔助判斷地表形變情況。另外，現今之光學衛星具靈活取像能力及高機動性，可於短時間內獲取同軌衛星立體像對，雖然所產製之數值地表模型精度及解析度，均不及航照或空載光達所產製之數值地表模型，但可在較低成本需求下取得多時期之數值地表模型，用以分析地表變形情況。

機器學習利用大量資料，透過不同的訓練方式進行學習，最後透過學習好之模型提供分析成果。為進行地表形變分析，可利用多時期光學衛星立體像對，產製不同時期之數值地表模型，並同時產製相應之多光譜正射影像。另外，地表形變亦常與其坡度及坡向有關。本項工作擬利用多時期之數值地表模型、多光譜正射影像、坡度圖及坡向圖等資料作為訓練來源，以機器學習方式分析地表形變。

本(109)年度主要目標在於偵測地表崩坍區域，後續計畫中再應用本(109)年度成果進行多時期地表形變分析。本(109)年度應用不同時期之高解

析光學影像以機器學習偵測地表崩坍，使用之機器學習模式包括卷積神經網路(Convolutional Neural Network, CNN)及隨機森林(Random Forest)，並使用全色態及多光譜影像產生所需之訓練資料。處理程序分為三部分，第一部分為前處理階段，目的在產生訓練所需之特徵資料。第二部分為主要訓練階段，利用前後期多光譜影像、前處理階段所產製之特徵資料及地真資料(2009 年莫拉克風災造成之崩塌區域)等，以卷積神經網路及隨機森林進行訓練產生模型權重。第三階段為地表崩塌偵測階段，對待分析區域進行前處理階段之計算，再利用訓練階段得到之隨機森林模型權重分類崩塌及非崩塌區域。以下說明本期工作進度。

4.1.2.1 資料及研究區域

資料包含前期與後期之 SPOT-5 多光譜及全色態影像以及災害前期之 DEM 資料，另外，測試之崩塌事件為 2009 年八八風災，而研究區域位於受災最嚴重的荖濃河流域如圖 4.1-9 所示，為了應用提出之方法，本項工作將資料分為訓練資料(綠色區域)以及測試資料(紅色區域)。

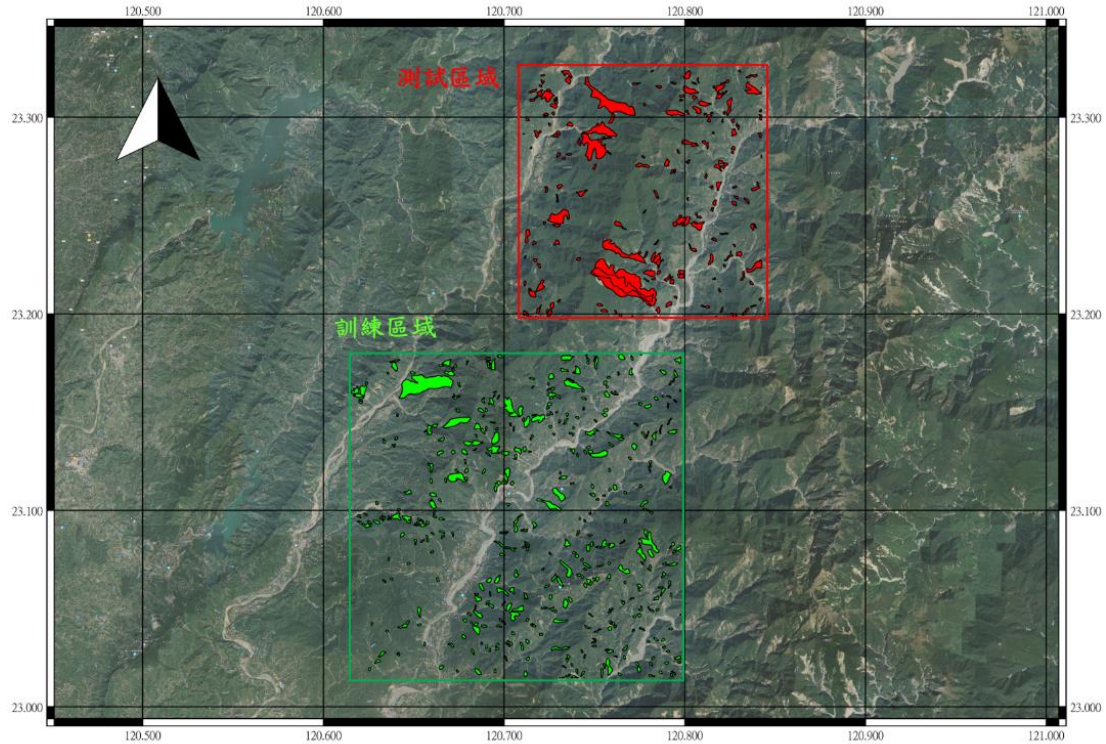


圖 4.1-9、研究區域

4.1.2.2 前處理階段

於前處理階段，本項工作利用不同分析方式計算不同之空間特徵，首先利用前期及後期之多光譜影像以變異向量分析計算兩時期之變異向量特徵，再來利用後期之全色態影像以紋理特徵分析計算影像中的紋理特徵，而本項工作計算之紋理特徵有熵(Entropy)、同質性(Homogeneity)、對比性(Contrast)、角二階矩(Angular Second Moment, ASM)，最後，利用前期 DEM 計算地形因素，其中包括高度、坡度。圖 4.1-10 為前處理階段流程圖。

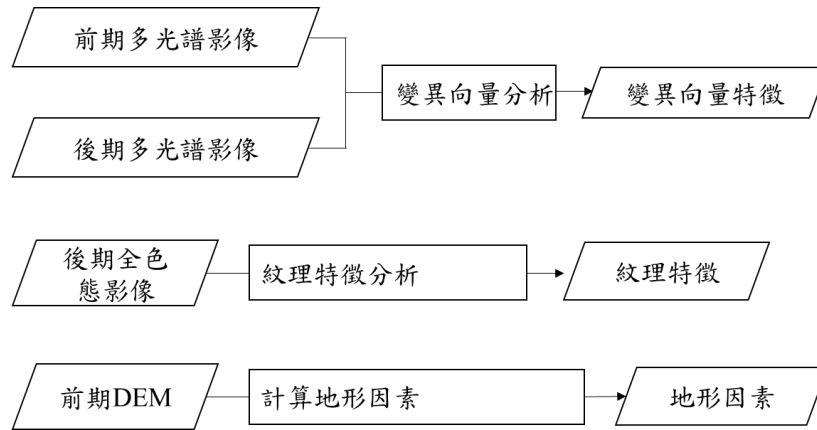


圖 4.1-10、前處理階段流程圖

本項工作應用之變異向量分析被用於描述單一像素點在兩時期之變化，其可計算大小及方向之變化特徵，變異向量分析之公式如下：

$$Magnitude = \sqrt{(Post - Pre)^2} \quad \text{式 4-1-1}$$

$$Direction = \cos^{-1} \frac{Post - Pre}{M} \quad \text{式 4-1-2}$$

本項工作應用之紋理特徵係利用灰階共生矩陣 (Gray Level co-occurrence matrix, GLCM)(Haralick et al., 1973) 計算之，其目的在於量化影像中物體之紋理，而其公式計算如下：

$$Entropy = - \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=1}^{N-1} p(i, j) * \ln p(i, j) \quad \text{式 4-1-3}$$

$$Homogeneity = \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=1}^{N-1} \frac{p(i, j)}{1 + (i - j)^2} \quad \text{式 4-1-4}$$

$$Contrast = \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=1}^{N-1} p(i, j) * (i, j)^2 \quad \text{式 4-1-5}$$

$$ASM = \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=1}^{N-1} p(i, j)^2 \quad \text{式 4-1-6}$$

4.1.2.3 主要訓練階段

此階段首先利用前期及後期之多光譜影像以卷積神經網路進行訓練，並將由預訓練模型中萃取影像特徵，之後利用萃取之影像特徵及前處理階段計算的變異向量特徵、紋理特徵、地形因素以隨機森林進行訓練，最後可以得到隨機森林模型之權重。圖 4.1-11 為主要訓練段流程圖。

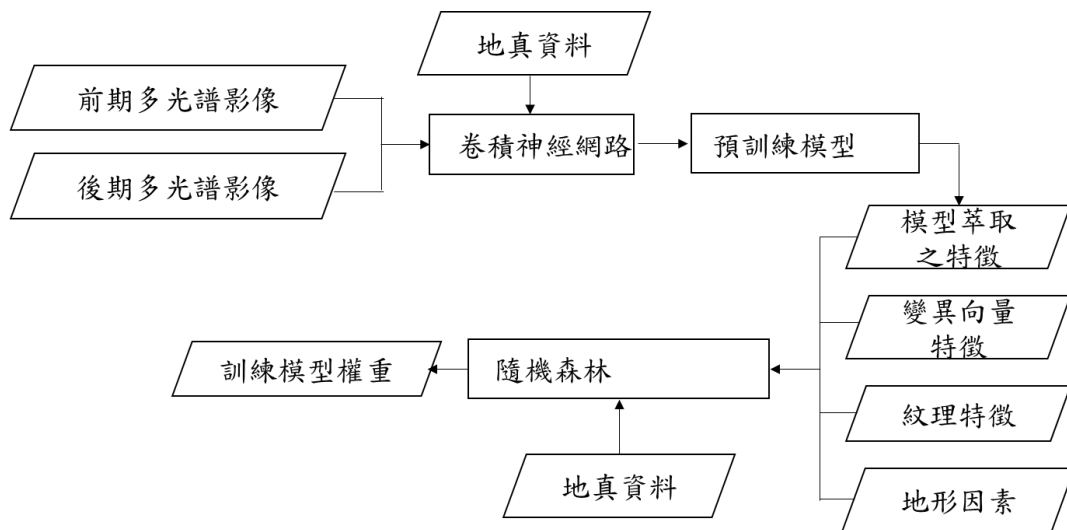


圖 4.1-11、主要訓練階段流程圖

在本項工作中，應用之卷積神經網路包含 12 層卷積層、2 層批量歸化層 (Batch normalization layer) 及 softmax 層如圖 4.1-12 所示，而本計畫將 softmax 前一層之卷積層作為提取影像特徵之提取層。

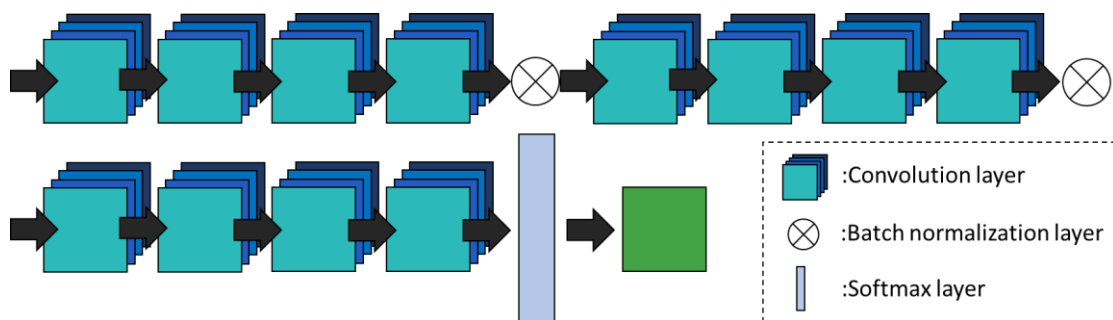


圖 4.1-12、卷積神經網路架構

4.1.2.4 地表崩塌偵測階段

此階段將測試資料以預訓練模型提取影像特徵，再利用前處理階段之方法計算測試資料的變異向量特徵、紋理特徵及地形因素，最後利用訓練階段得到之隨機森林模型權重分類崩塌及非崩塌區域。圖 4.1-13 為地表崩塌偵測階段流程圖。本項工作應用之隨機森林係為集成學習 (ensemble learning) 方法，其是由多個決策樹 (decision tree) 所構成，其運作方法是由所有決策樹進行投票，決定該像素之類別。

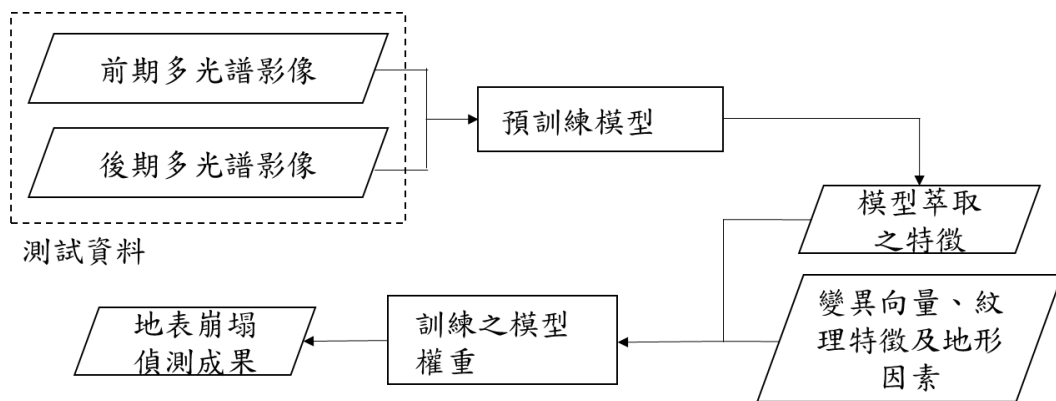


圖 4.1-13、地表崩塌偵測階段流程圖

利用前述方法針對目標區完成初步地表崩塌偵測測試，偵測成果如圖 4.1-14 所示，圖中綠色區塊為所偵測出之崩塌區域，紅色多邊形則為實際崩塌區域。表 4.1-2 為根據不同採樣率(崩塌、非崩塌)偵測成果之精度評估，其中 Recall 為召回率，實際情形為正確的狀況下，預測得到正確的答案；Precision 為精確度，是在預測正確的情形下，實際的正確率是多少；F1-measure 為 F1 分數，調和前兩者所用的評估參數；OA 為整體精確度，檢

視所有類型預測的正確率；IOU 為交併比，聯集分之交集。Kappa 為 Kappa 係數，用於計算預測結果的可信度。

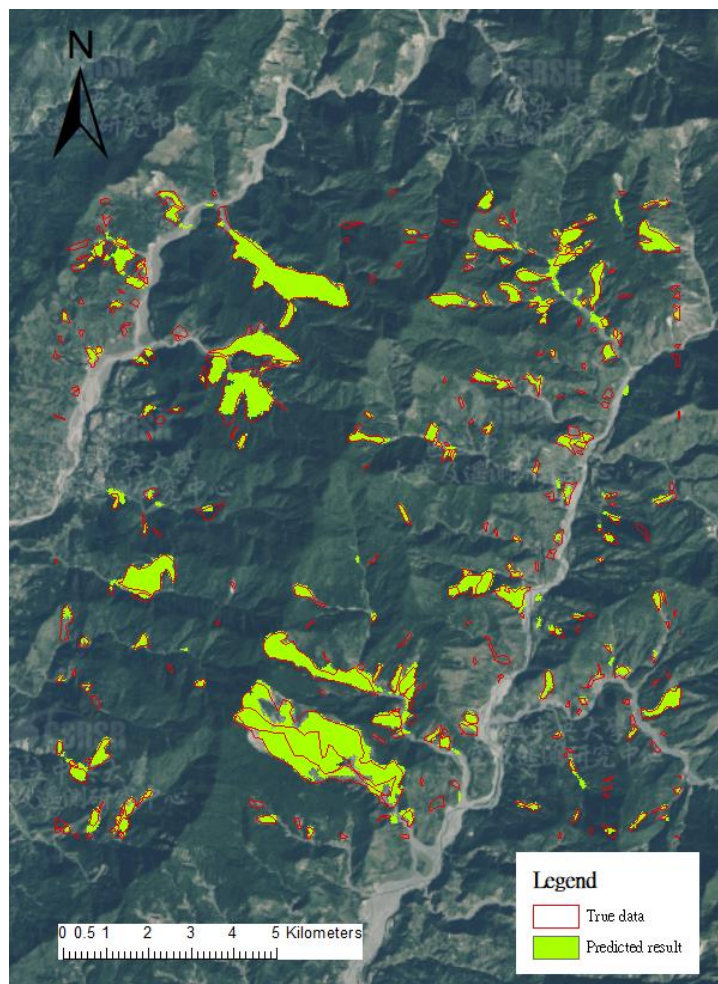


圖 4.1-14、地表崩塌偵測階段

表 4.1-2、不同採樣率之精度評估

Sample rate	召回率 (Recall)	精確度 (Precision)	F1 分數 (F1-measure)	整體精確度 (OA)	交併比 (IOU)	Kappa 係數 (Kappa)
1:4	0.9835	0.7438	0.847	0.9463	0.7346	0.8153
1:7	0.9774	0.7448	0.8454	0.9659	0.7322	0.8264
1:10	0.9834	0.742	0.8458	0.9754	0.7329	0.8327

4.1.3 發展多元衛星影像智慧處理與立體重建技術

本項工作目標為建立多元衛星影像立體重建技術，本(109)年度為建立影像之物像空間關係與進行影像密匹配產生深度影像，並產生點雲資料。未來預計以更多重疊之衛星影像，進行重建數值地表模型，利用多視角影像相互補償遮蔽區域，提高匹配及定位品質與特徵目標物之萃取。

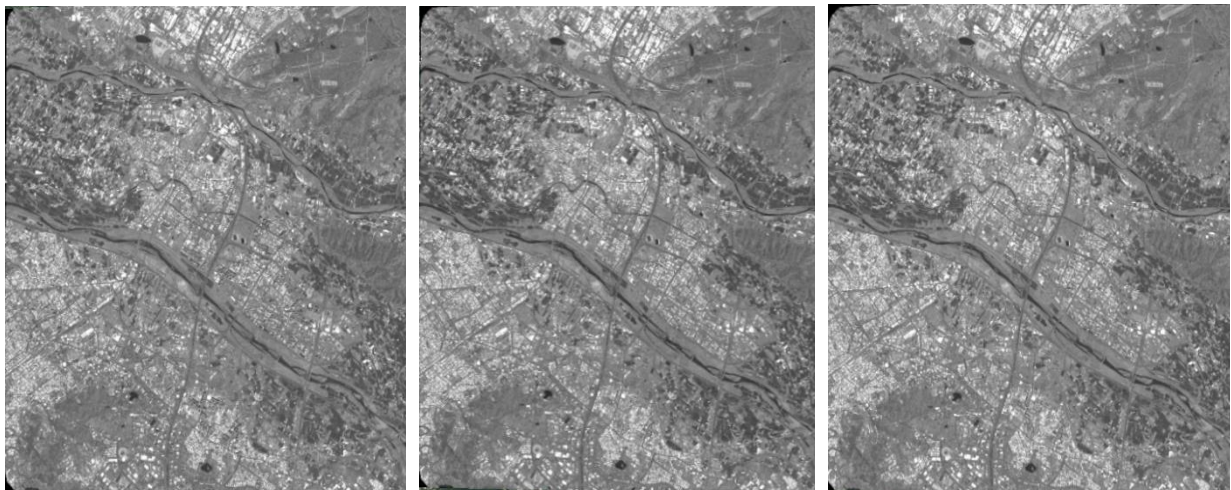
光學衛星影像立體像對可用於三維定位、精確地物數化及三維地表模型建置等應用，可提供豐富之三維資訊。其中數值地表模型提供完整之三維物空間資訊，後續更可用於三維房屋模型產製、三維飛行模擬、視域分析及熱島效應等各項應用。因衛星影像有廣域的優點，於天然災害發生所造成地形大幅改變時，使用衛星影像更新數值高程模型，可以較快速且大範圍的產製。本項工作將針對光學衛星影像立體像對，發展數值地表模型重建技術。

傳統上利用衛星影像重建數值地表模型，多使用兩幅影像組成之立體像，匹配成功率及定位精度常受限於影像數量不足。本項工作運用電腦視覺相關演算法，使用多重衛星影像重建數值地表模型。大量相同拍攝區域之衛星影像其拍攝角度均不相同，可建立良好之幾何交會條件，提升三維定位精度。另外，透過近似拍攝角度之影像，則因高差移位近似則可提升匹配成功率。本項工作目標在於以同天拍攝之三重疊立體像對重建數值地表模型，使用法國國家地理院所發展之開源軟體 MicMac 進行，處理程序分

為兩部分，第一部分為利用衛星之有理多項式係數，建立影像之物像空間關係，並透過共軌像點進行方位校正。第二部分進行影像密匹配產生深度影像，將各組產生之深度影像合併並進行錯誤移除，最終產生點雲資料。以下說明本項工作成果。

4.1.3.1 資料及研究區域

測試資料為 Pleiades 三重疊立體像對，影像為 0.5 公尺解析力之全色態影像，測試區位於新竹，圖 4.1-15 為測試影像，測試檔案除影像之外加入衛星公司提供之有理多項式係數資料。



(a) Forward

(b) Nadir

(c) Backward

圖 4.1-15、Pleiades 三重疊立體像對

4.1.3.2 影像方位校正

首先將原始有理多項式係數資料及影像資料進行前處理，轉換為 MicMac 可支援之格式。因原始有理多項式係數資料仍有誤差存在，為建立三重疊立體像對影像間之空間關係，需進一步針對原始有理多項式係數資

料進行方位校正。而方位校正時需影像間之共軛像點作為參考，使用尺度不變特徵轉換(Scale-invariant feature transform, SIFT)進行影像間共軛點匹配，匹配完成後再以 2 維多項式描述像坐標修正量，配合共軛點計算多項式係數。圖 4.1-16 為影像方位校正流程圖。

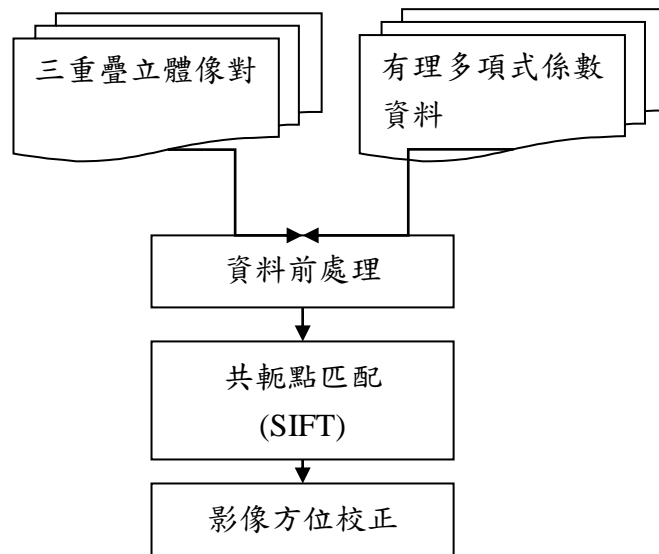


圖 4.1-16、影像方位校正流程圖

4.1.3.3 影像密匹配

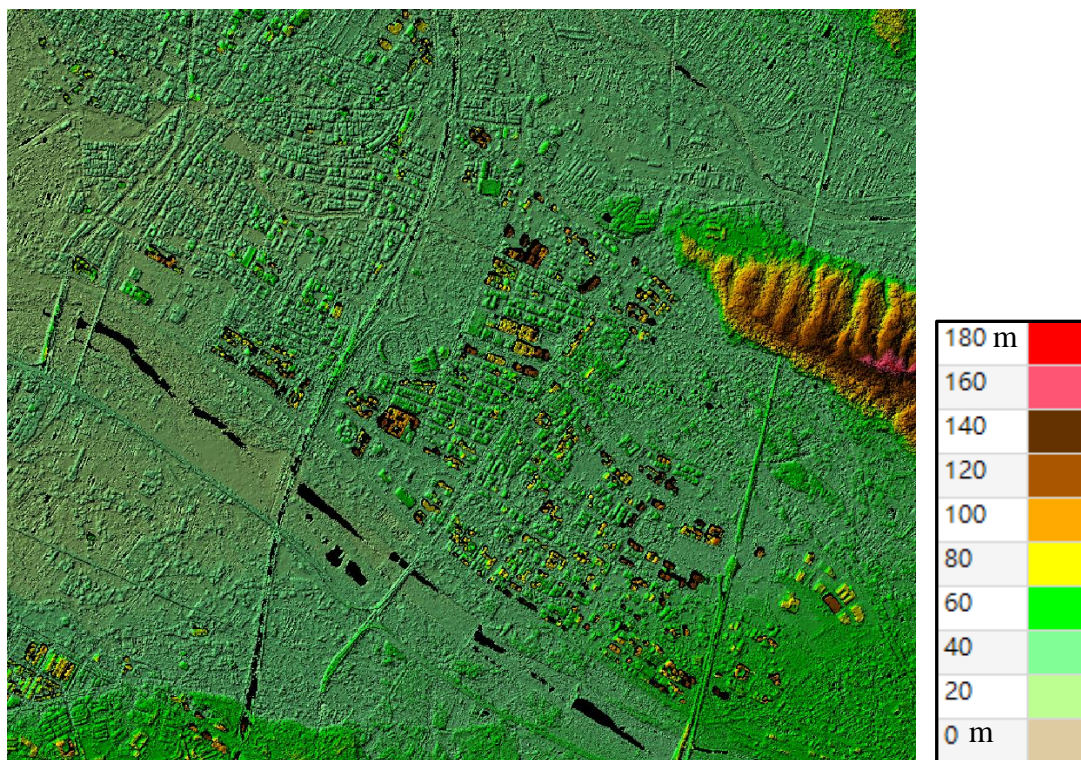
影像視差計算部分 MicMac 使用匹配代價函數進行，當代價最小時為最佳解，而代價函數是由相似度加上梯度指標，其中相似度之計算是利用正規化互相關法(Normalized Cross-Correlation, NCC)得到相關係數，而相似度則為(1-相關係數)，因此當影像完全一樣時相似度為零(Rupnik et al., 2017)。梯度指標則為影像規律性標準，影像變化大則指標越大。完成影像匹配後可得影像間之視差，再配合衛星方位產生深度影像。為提升匹配成功率，

使用影像金字塔之匹配策略，由解析度粗至細逐層進行匹配。

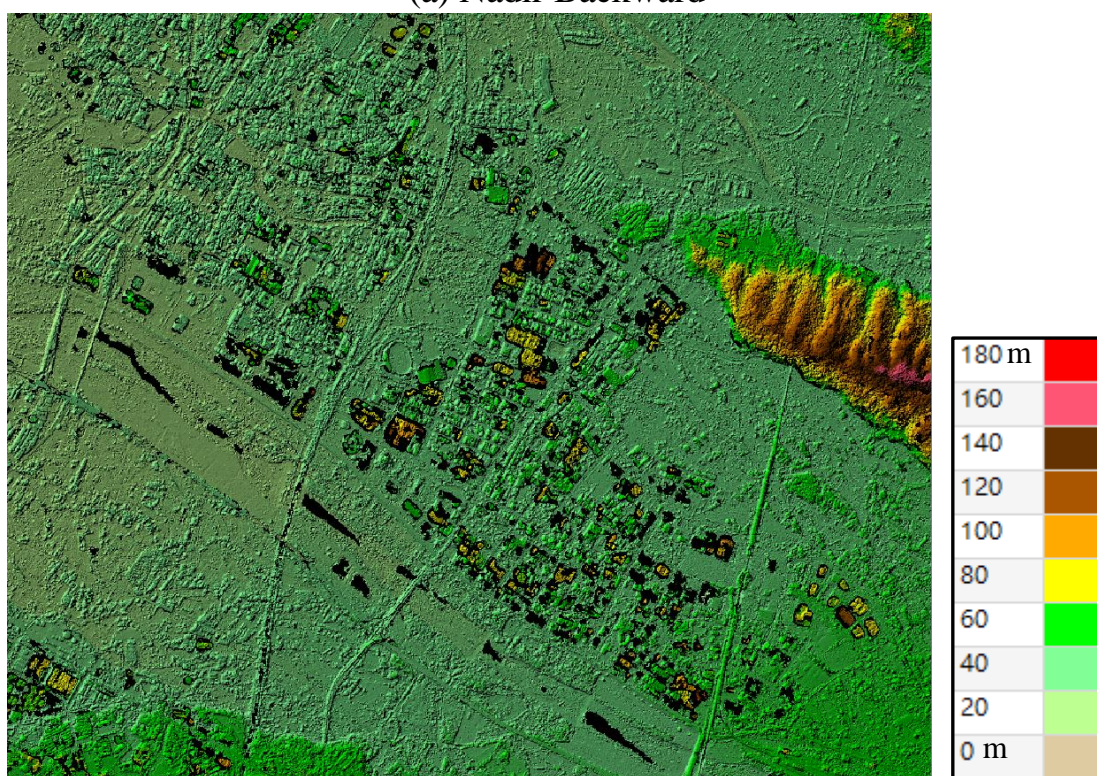
Pleiades 三重疊立體像對可兩兩組成立體像對，其立體對組合及其基線航高比如表 4.1-3 所示。其中挑選基線航高比較大(Forward+Backward)及較小(Nadir+Backward)的兩個組合與三重疊立體對，進行數值地表模型產製，產製成果如圖 4.1-17 所示，圖中黑色部分為匹配失敗的區域。圖 4.1-17(b) 中黑色區域約占 4.4%，而圖 4.1-17(a)及圖 4.1-17(c) 中黑色區域分別僅占 2.0%及 2.2%，顯示 Forward Backward 匹配失敗之區域較多，主要是因為其基線航高比較大，故影像中遮蔽區域大且建物高差移位量大，進而導致匹配失敗區域較多。

表 4.1-3、立體對組合資訊表

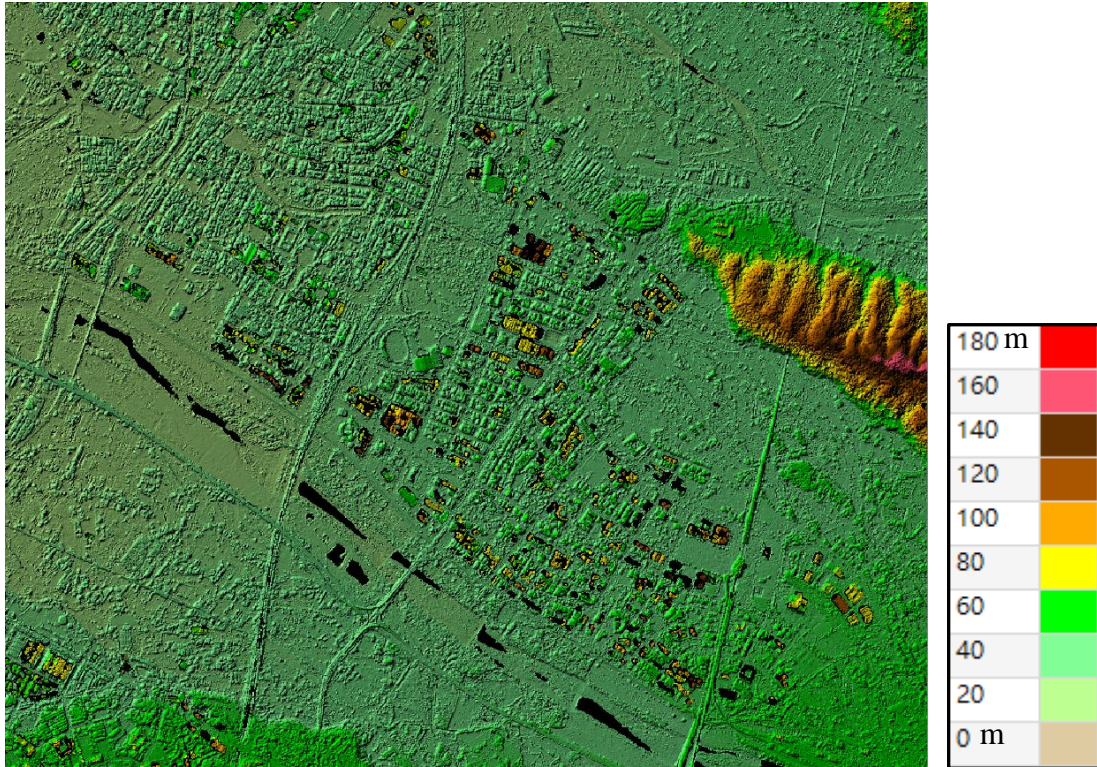
立體對組合	B/H
Forward Nadir	0.32
Nadir Backward	0.13
Forward Backward	0.46



(a) Nadir Backward



(b) Forward Backward



(c) 三重疊立體對

圖 4.1-17、數值地表模型成果圖

圖 4.1-18 為衛星影像及各組數值地表模型之局部放大，圖中可發現 Nadir Backward 之成果雖然匹配失敗區域較少，但平坦區出現異常雜訊，主要是因為其基線航高比小故匹配容易成功，但是過小之基線航高比導致匹配微量之差異，在經前方交會計算高程時會被放大。而三重疊立體對之成果與其他兩組成果比較，其匹配失敗區域範圍與 Nadir Backward 成果相似，而平坦區之雜訊則可與 Forward Backward 接近，三重疊立體對成果綜合其餘兩組成果之優點。

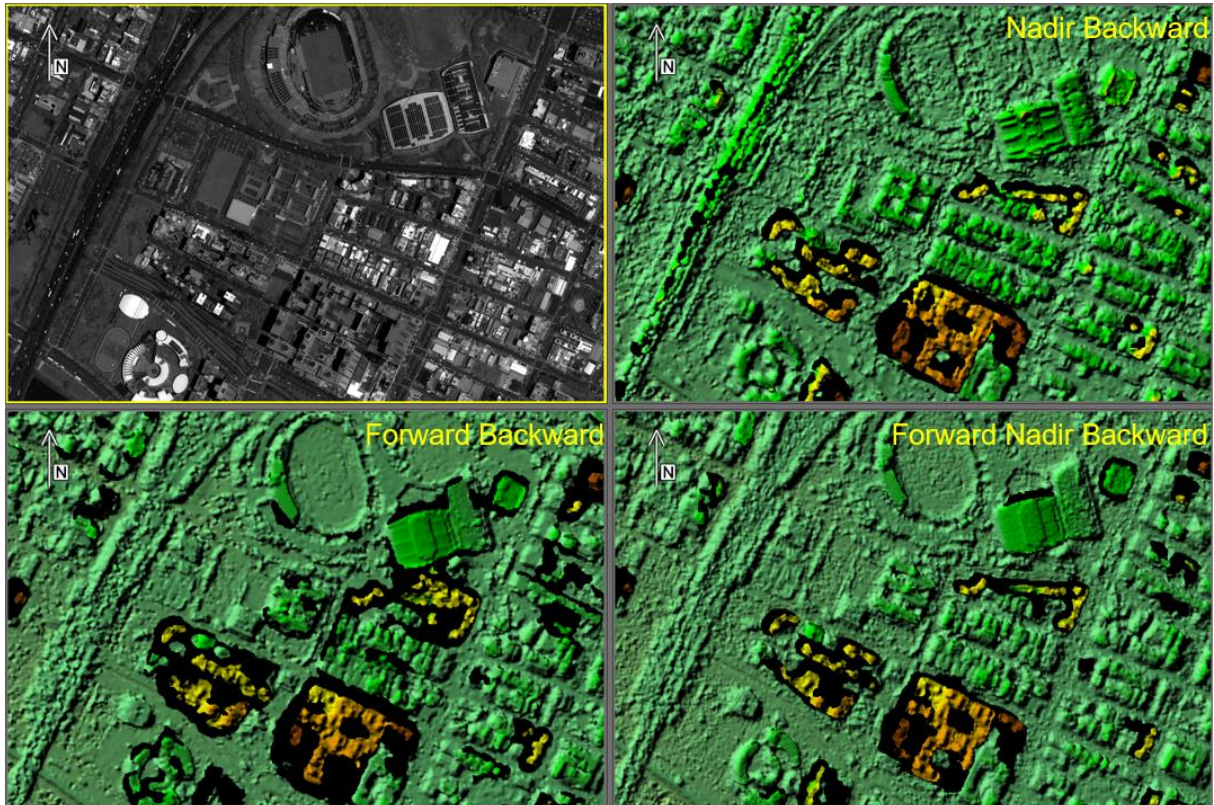


圖 4.1-18、數值地表模型成果局部放大比較圖

精度評估方式是針對 Pleiades 立體對，以人工立體量測檢核點三度空間坐標，圖 4.1-19 為檢核點分布情況，檢核點位置主要選擇平坦區域，例如裸露地、道路及平坦之建物屋頂，將所得之高程與產製之數值地表模型比較，統計高程偏差平均值及高程偏差均方根值，另外並統計各組立體對之匹配成功點數，相關統計如表 4.1-4 所示。匹配成功點數以 Nadir Backward 最多、三重疊立體對次之而 Forward Backward 最少。高程偏差部分 Forward Backward 之均方根值達 4.56 公尺，雖然此組合之基線航高比達 0.46，理論上其高程定位精度優於 Nadir Backward，但在高程變化大之區域中，因基線航高比較大反而易發生匹配錯誤，導致所得到之數值地表模型誤差較大。

Nadir Backward 之高程偏差均方根值為 3.06 公尺，由於基線航高比僅 0.13，其高程定位精度較差。而三重疊立體對成果之高程偏差均方根值為 1.63 公尺，為三組成果中精度佳者，多幅影像提升匹配成功率同時可保持優良之高程定位精度。

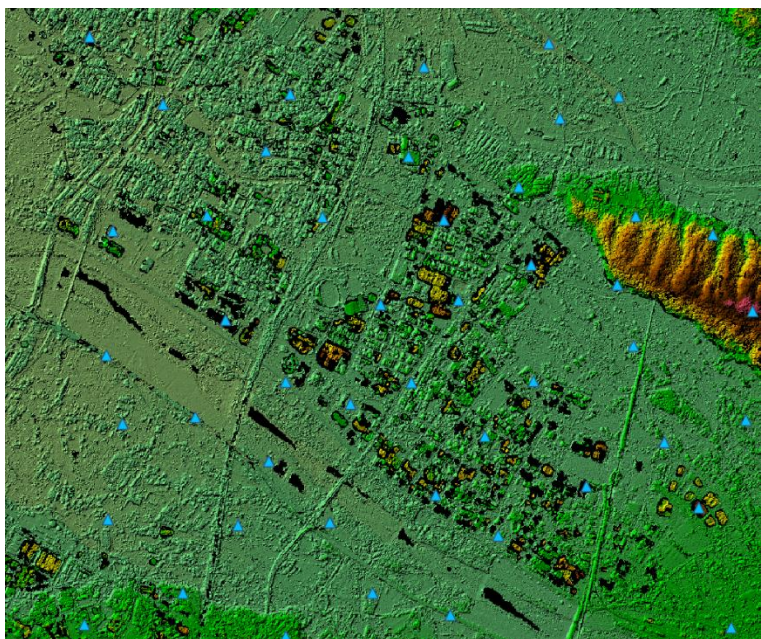


圖 4.1-19、檢核點分布圖

表 4.1-4、數值地表模型精度評估統計表

	Forward Backward	Nadir Backward	Forward Nadir Backward
B/H	0.46	0.13	
匹配成功點數(點)	119,305,688	121,502,740	120,746,476
高程偏差 平均值(公尺)	2.72	0.05	0.03
高程偏差 均方根值(公尺)	4.56	3.06	1.63

4.1.4 擴充衛星影像智慧加值應用與後續推動可行性評估

本項工作以圖資之搜集與建立工作為主，而圖資之建立與處理工作則於 4.3 節之試辦工作中完成。由於近年雷達衛星技術的改善，加上雙星/多星系衛星的運作模式盛行，使得影像的獲取頻率趨於穩定，以 Sentinel-1 星系為例，於全臺灣地區之再訪週期為 12 天，部分地區則有 6 天的超短再訪週期，相較於早期再訪週期約 30 日之衛星，能獲取的資料量超過兩倍，時間域的解析度也因而提高。大量且穩定的資料有利於我們長時間進行變形的觀測，成為穩定有效且可靠的大地測量工具，長期地表變形監測之成果可結合如雨量、地形坡度、潛勢區圖資等其他相關資訊來做進一步分析，對於未來國土規劃、災害預警、設施整治等議題上有相當地著墨空間。衛星影像智慧加值應用產品後續可作為相關平台的圖資，提供決策單位充足的資訊對應未來的挑戰與難題。具體作法為將衛星影像智慧加值應用成果產製成地理資訊系統等平台之空間資訊圖層資料，並匯入地理資訊系統，用作如資料展示、災情分析、應對決策等用途。以 2016 年高雄地震為例，結合雷達差分干涉之地表變形資訊與光學影像可以判斷災害發生地點、房屋災損狀況、是否有堰塞湖形成等等重要資訊，見圖 4.1-20。

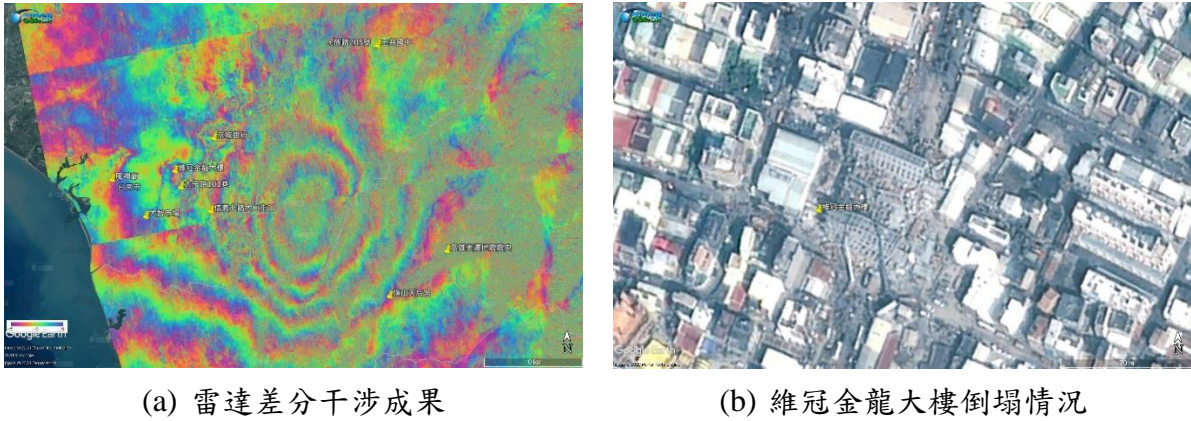


圖 4.1-20、2016 年高雄美濃地震光學與雷達災害加值圖資應用

4.2 應用人工智慧發展航遙測影像辨識技術與應用

4.2.1 建立航遙測影像地表形變智慧分析技術

本項工作主要目標為利用前後期航測正射影像，建立坡地二維地表位移場(2D Displacement Field)萃取技術。本(109)年度以建立二維地表位移場萃取技術，並驗證技術之可行性為預期成果。本年度具體成果為完成技術可行性驗證，比較人工量測及自動化萃取成果，兩組數據之位移向量相關性高，特徵良好點位之位移差異量約 1 個像元。未來規劃是將成果應用於坡地防災。

航遙測影像地表形變分析技術可使用主動式雷達影像進行合成孔徑雷達差分干涉技術(Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar, DInSAR)或被動式光學影像進行質點影像量測法(Particle image velocimetry, PIV) (Thielicke & Stamhuis, 2014) 又稱光學影像匹配 (Optical image correlation, OIC)、或偏移偵測法(Pixel-offset, PO)(Leprince et al., 2007)，當

地表發生位移而地表特徵沒有劇烈改變的情況下，這兩種方法都被證明能有效偵測地表形變。合成孔徑雷達差分干涉技術使用兩幅 SAR 影像進行差分得到雷達波相位差，解算相位差後即可得到兩者之間對應距離的地表變化量；PIV 則是利用兩幅光學影像進行匹配，地表位移變化造成光學影像間的像元位移，經由密集的二維影像匹配，得到地表影像二維位移場。比較這兩種方法的適用性及互補性，DInSAR 的優點是可以獲得視線 (Line-of-sight, LOS) 方向上的距離改變，而 PIV 僅能從前後期正射影像獲得二維位移場，但是光學影像空間解析度通常較雷達影像佳，故可提供較密集的位移場。然而，在局部地表特徵變化較大的區域，DInSAR 影像間的 decorrelation 效應較為嚴重，造成 DInSAR 成果的不確定度較大，而 PIV 方法採用影像視窗 (Windows) 涵蓋較大的地表區域計算像元偏移，在良好天候 (如：無雲) 情況下，PIV 在這類區域提供較穩定的位移成果 (Kuo et al., 2019)，因此，有必要發展 DInSAR 以外的航遙測影像地表形變智慧分析技術。

本項工作發展前後期航遙測影像之地表位移智慧分析技術，PIV 核心技術為前後期影像間之精密匹配，為了能建立地表位移場 (Displacement Field)，PIV 必須能夠偵測規則且密集的地表位移點。基於匹配精密度及匹配點密集度之考量，本計畫採用頻率域匹配 (Phase Correlation Matching) (Stone et al., 2001; Teo et al., 2017)，其理論精密度是次像元，將兩張待匹配影像轉換至頻率域，計算兩組頻率域資料的交叉功率頻譜 (cross-power spectrum)，其峰

值即為匹配點之位置，其限制為僅能求解精密的平移量，因此需使用正射影像且影像間應有一致的空間解析度。頻率域匹配仍有可能得到錯誤的匹配點，通常匹配錯誤的區域是影像均調區或影像間同質性差異大之處，因此本計畫使用兩項指標剔除錯誤匹配點：(1)相關性峰值必須有明顯的極值、(2)訊雜比(Signal-to-noise ratio)應大於門檻。

研究成果主要分成兩個部分，第一部分為影像前處理，依航測影像作業程序產生前後期正射影像，需使用相同地面控制點進行空三平差，降低套合誤差，再產製數值地表模型(Digital Surface Model, DSM)，以 DSM 進行影像正射化，使正射影像匹配成果可以反映地表位移；第二部分為前後期影像匹配，將影像依固定間距設定規則網格點，再利用頻率域匹配法獲取網格點對應的同名點，以獲取網格點的地表位移量。圖 4.2-1 為本案使用 PIV 技術進行林區崩塌地位移場偵測示意圖。

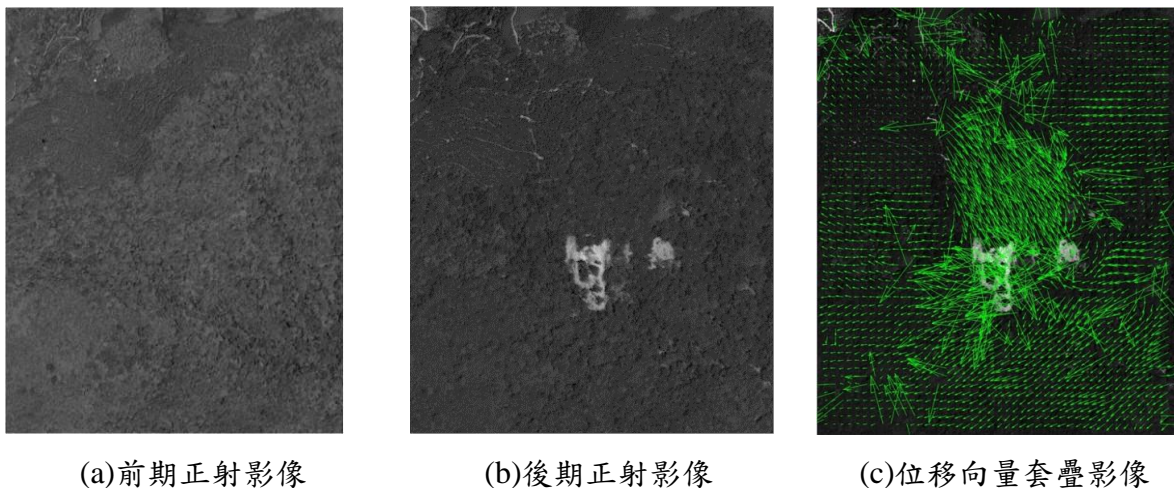


圖 4.2-1、PIV 地表位移量示意圖

為確保 PIV 匹配之成果為地表變形造成，嚴謹的影像前處理可排除影

像校正不完全而造成之錯誤位移。本研究利用多重疊航空影像進行空三平差，以人工量測明確的道路標線位置做為控制點，並假設道路位移量遠小於山區地表變形，因此前後期航測影像均採用相同的控制，經影像密匹配作業程序產生數值地表模型，再以數值地表模型進行影像正射化，使正射影像匹配成果可以反映地表位移。

本研究 PIV 採用頻率域匹配，以快速傅立葉轉換(Fast Fourier Transform)視窗變形(window deformation)方法在頻域中計算相關矩陣(Thielicke & Stamhuis, 2014)，目的為獲得前後期影像對上均勻分布的位移場。匹配的概念是在等間距的子分析區域(Interrogation Area)中心匹配產生位移量，匹配的流程首先設定子分析區域間的重疊率為 50% (如匹配視窗大小為 128x128 pixels，相鄰視窗跨距為 64 pixels)，經過第一次頻域匹配後(稱為 Pass 1)，每個子分析區域中心點會得到對應的位移量(如圖 4.2-2 (a)所示的 9 個中心點位移)，這些位移量可用於計算子分析區域每個像素的位移，並使子分析區域產生變形(如圖 4.2-2(b)的灰色區域) (Thielicke & Stamhuis, 2014)。接著，為了得到最佳解，第二次頻域匹配(稱為 Pass 2)以 Pass 1 的匹配成果為起始值，縮小子分析區域視窗大小(如 64 x 64 pixels)及相鄰視窗跨距(如 32 pixels)，鎖定局部區域將原始子分析區域與變形的子分析區域進行匹配，得到 Pass 2 子分析區域中心點精化後的位移量，以此類推，累積每次縮小子分析區域範圍及間距的剩餘位移資訊，由大視窗(粗)到小視窗(細)，最後獲得高精度、

密集且等間距分佈的位移場。

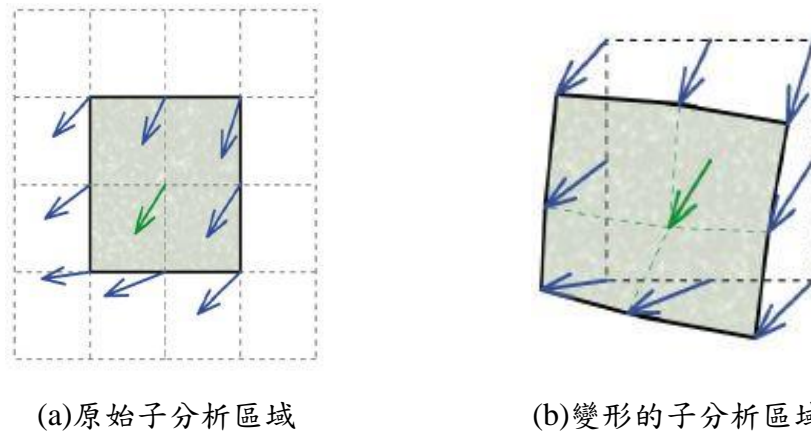


圖 4.2-2、位移資訊位置示意圖(Thielicke & Stamhuis, 2014)

簡而言之，先利用大的移動視窗概略地獲得位移量，隨後再將中心點移到概略位置，縮小移動視窗，進行匹配以提高位移量之精度。以表 4.2-1 PIV 參數設定一(Setting 01)為例，Pass 1 先產生所有 256 x 256 pixels 大小的子分析區域(每個子分析區域相距 128 pixels，此時重疊率為 50%)的位移量，Pass 2 區域範圍縮小為 128 x 128 pixels(每個子分析區域間距縮短為 64 pixels)，計算子分析區域之間的相關性以獲得精化後的位移場。

為找到執行 PIV 時合適的參數設定，本團隊實際使用 PIV 技術進行林區崩塌地位移場偵測。實驗區域位於花蓮縣瑞穗鄉林區；實驗材料採用經正射化處理的 2015/7/31 與 2017/8/12 航照影像，影像解析度均為 0.5 公尺，影像大小為 1461x1723 pixels。此實驗比較三組不同的參數獲取地表位移場(表 4.2-1)，第一組參數與第二組參數皆具有二種尺寸的子分析區域，為 two-pass 視窗變形的 PIV；第三組參數具有三種尺寸的子分析區域，為

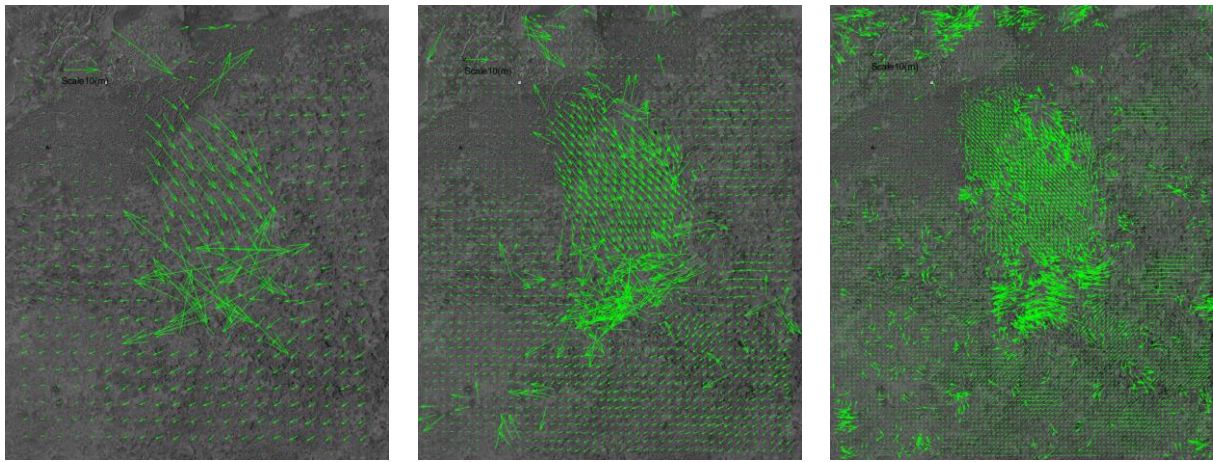
three-pass 視窗變形的 PIV。

表 4.2-1、PIV 參數設定

		Interrogation area (pixel x pixel) 子分析區域視窗大小	Step (pixel) 相鄰視窗跨距
Setting 01	Pass 1	256 x 256	128
	Pass 2	128 x 128	64
Setting 02	Pass 1	128 x 128	64
	Pass 2	64 x 64	32
Setting 03	Pass 1	128 x 128	64
	Pass 2	64 x 64	32
	Pass 3	32 x 32	16

實驗成果如圖 4.2-3 所示，PIV 參數設定的最終子分析區域範圍越小，獲得的向量場越密集。成果分析利用人工量測前後期影像上建築物及植物的坐標(表 4.2-2、圖 4.2-4 及圖 4.2-5)，計算地物在兩張影像上移動的距離，並與 PIV 獲得的位移場相比，以位移量差及位移方位差成果討論何組參數較適合。比較三組 PIV 成果與人工量測建築物的位移量，使用 PIV 第三組參數得到的向量場與人工量測的位移量及位移方位差異最小；植物的部分也是用第三組參數得到的位移量與人工差異最小，但位移方位是用第二組參數的成果與人工量測較相似。以本次實驗成果來說，PIV 第三組參數較合適，獲得的向量場與人工量測成果最接近，推測原因是由第三組參數得到的向量場較密集，使 PIV 位移向量與人工量測的地物位置偏差較少，較能展現實際地表位移。經由實際案例及參數設定分析，本項工作驗證使用前

後期正射影像萃取二維地表位移向量場之可行性。



(a) Setting 01 成果

(b) Setting 02 成果

(c) Setting 03 成果

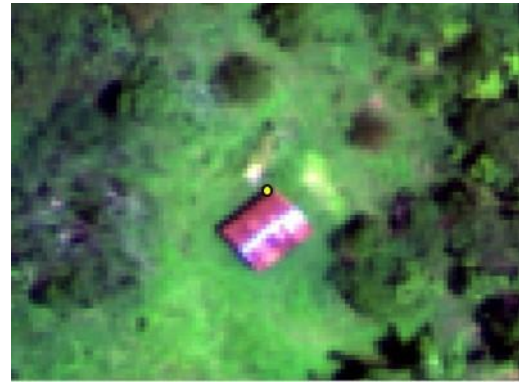
圖 4.2-3、PIV 成果比較

表 4.2-2、PIV 向量場與人工量測成果比較

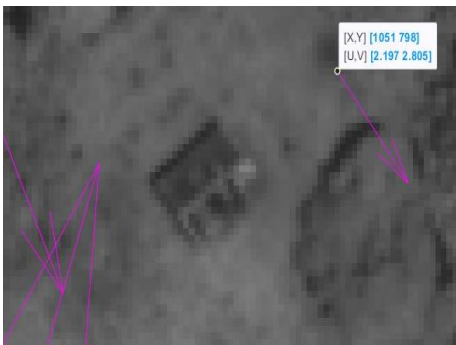
建築物(特徵良好點位)					
		位移量(m)	位移方位	長度差(m)	方位差
人工量測		3.544	172°03' 10"	-	-
PIV 成果	Setting 01	1.781	218°04' 10"	1.763	46°01' 00"
	Setting 02	2.716	176°57' 23"	0.828	04°54' 13"
	Setting 03	3.355	173°25' 31"	0.189	01°22' 21"
植物					
		位移量(m)	位移方位	長度差(m)	方位差
人工量測		4.000	269°34' 13"	-	-
PIV 成果	Setting 01	2.236	259°30' 55"	1.764	10°03' 18"
	Setting 02	2.094	266°44' 09"	1.906	02°50' 04"
	Setting 03	2.256	256°43' 29"	1.744	12°50' 45"



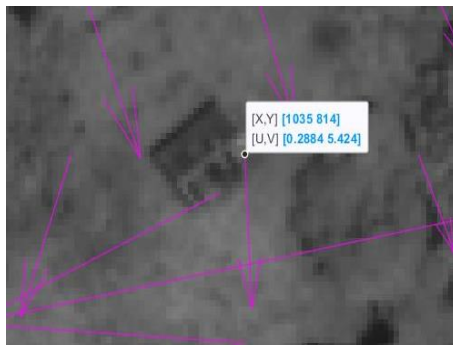
(a) 人工量測(前期影像)



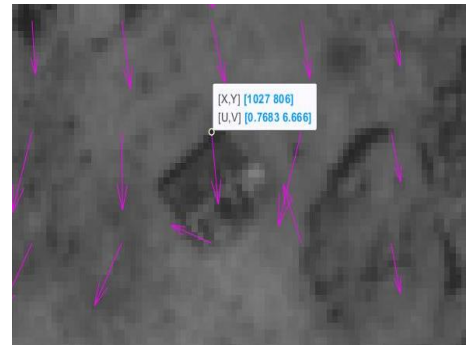
(b) 人工量測(後期影像)



(c) PIV Setting 01



(d) PIV Setting 01



(e) PIV Setting 01

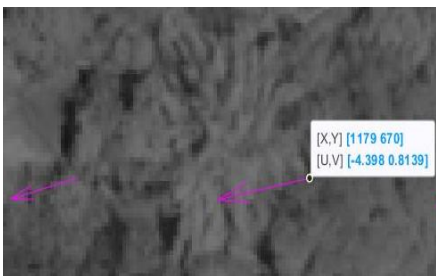
圖 4.2-4、PIV 與人工量測建築物位移量比較



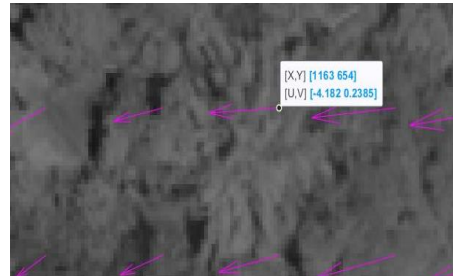
(a) 人工量測(前期影像)



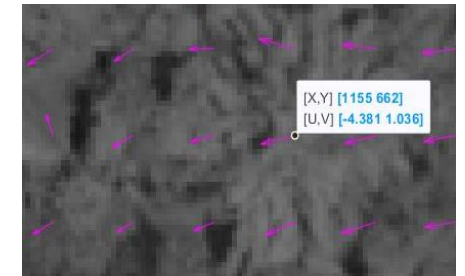
(b) 人工量測(後期影像)



(c) PIV Setting 01



(d) PIV Setting 01



(e) PIV Setting 01

圖 4.2-5、PIV 與人工量測建築物位移量比較

4.2.2 建立航遙測影像智慧辨識訓練資料集，須對不同類型之資料集進行整理並分析其適用性

本項工作主要目標為蒐集及比較現有航遙測影像智慧辨識所需的國際標準訓練資料集，並分析國際標準訓練資料集於臺灣地區的適用性。本(109)年度預期成果是完成比較現有國際標準資料集，並分析於臺灣地區的適用性。本年度具體成果是完成國際標準訓練資料集的蒐集及比較，建立訓練資料集類別與臺灣通用電子地圖類別的可對應關係，並建立訓練資料集類別與國土利用調查類別的可對應關係。未來規劃為經由分析與比較，選定較適合臺灣的訓練資料集，並針對不足的類別進行擴充。

智慧辨識使用深度學習方法，而深度學習必須依賴大量且多元的訓練集資料建立智慧辨識的分類參數。本項工作中智慧辨識之標的為土地覆蓋(Land Cover)，工作目的為使用國際開放資料(即標準測試集(Benchmark Dataset))建立航遙測影像智慧辨識訓練資料集，並分析各訓練資料集之適用性。工作內容主要分成三個部分，第一部分為蒐集國際標準測試集，申請國際間各單位針對航遙測影像建立的土地覆蓋分類訓練資料集，並閱讀此訓練資料集的相關論文及介紹，目的為整理訓練資料集建置的方式或程序；第二部分為橫向比較各訓練資料集，例如影像區域、解析度、分類類別、數量等；第三部分則是分析使用國際開放訓練資料集於臺灣地區的適用性。

訓練資料集依適用性可區分為影像分類 (Image Classification)、物件偵測 (Object Detection)及語意分割 (Semantic Segmentation) (圖 4.2-6)，影像分類為識別影像中存在的類別，並判識該類別；物件偵測是在一幅影像中，能夠把所有已知的物件框選出來，並判識各個物件類別；語意分割為識別影像中存在的物體並偵測其位置，將屬於該物體的每個像素類別標示。根據資料集不同標註方式，可區分為單一標籤 (Single-Label)及多標籤 (Multi-Label)兩種(圖 4.2-7)，單一標籤是指在影像中僅標註一種類別，多標籤則是在影像中標註多個類別。

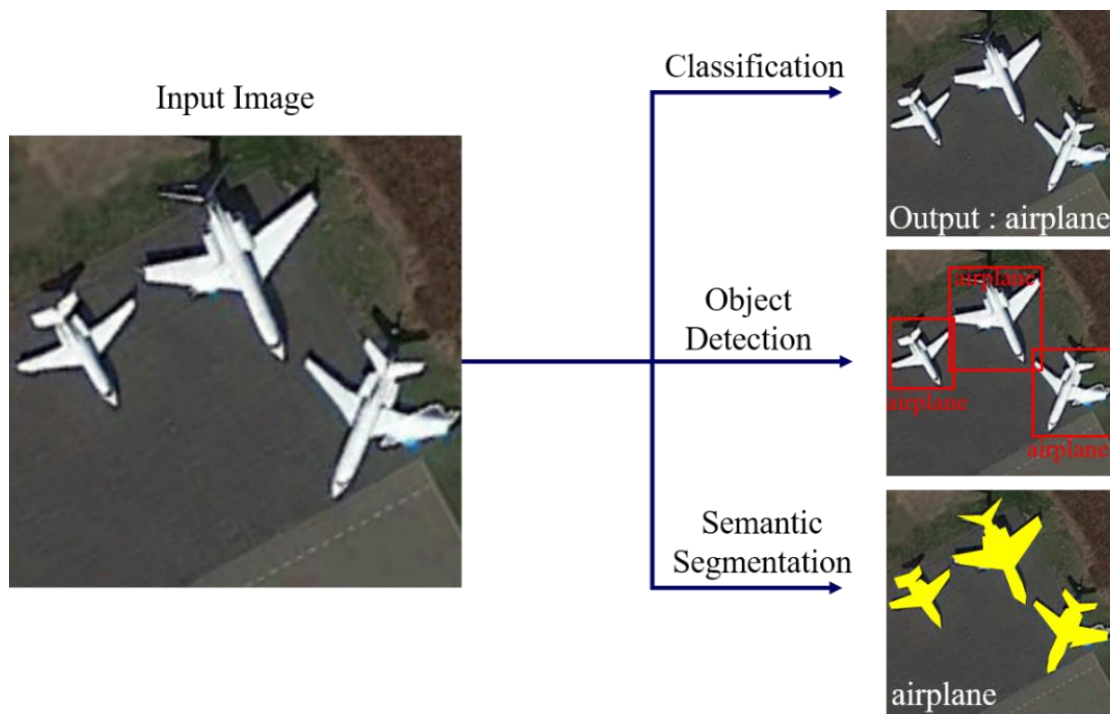


圖 4.2-6、影像分類、物見偵測及語意分割示意圖

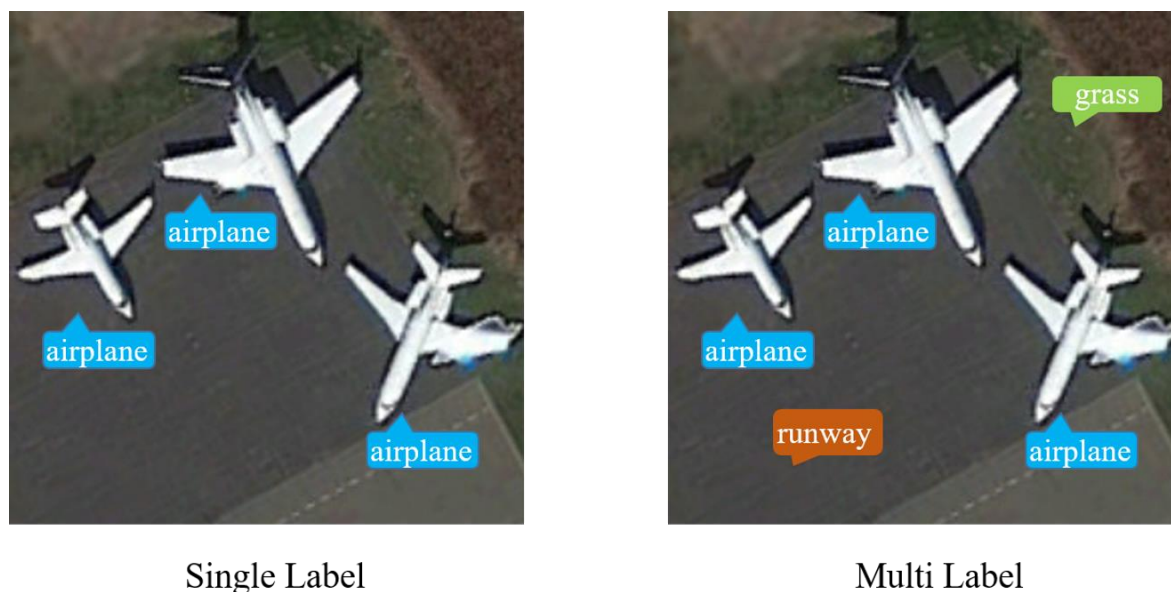


圖 4.2-7、單一標籤與多標籤示意圖

本項工作共蒐集 14 個國際標竿測試集，表 4.2-3 橫向比較各訓練資料集，各標竿測試集的簡介如下。AID(Aerial Image Dataset) (Xia et al., 2017) 資料集影像取自 Google Earth，選擇在世界各個國家與地區(主要為美國、英國、法國、意大利、日本、中國及德國)拍攝之影像，並將影像標記為 30 種類別，每一類別有 220 至 420 張 600×600 pixels 的影像，影像空間解析度介於 0.5m 至 8m。此資料集適用於影像分類，但其影像大部分面積被背景佔據，各類物體相對小，較不利於辨識(Zhou et al., 2018)。

BigEarthNet(Sumbul et al., 2019)選用 2017 年 6 月至 2018 年 5 月間，於不同季節在歐洲十個國家(如:奧地利、比利時、芬蘭、葡萄牙、瑞士等)拍攝之 125 張雲含量小於 1%的 Sentinel-2 影像建置標竿測試集。每張影像經過大氣改正後，將影像空間解析度為 10m 的影像裁切成 120×120 pixels; 20m

的影像裁切成 60×60 pixels；60m 的影像裁切成 20×20 pixels，最後共有 590,326 張影像。Sentinel-2 影像與 2018 年 CLC(CORINE Land Cover)數據庫提供的一個或多個土地覆蓋類別標籤(共有 43 種類別)相關聯，使 BigEarthNet 成為單一或多重標籤之數據集，每一類別之影像最少有 328 張；最多有 217,119 張。此資料集的特點為：(1)規模大，利於深度學習，於淺層 CNN 中有較高的準確性，(2)適用於影像分類。

DeepSat(Basu et al., 2015)資料集影像來自 NAIP(National Agriculture Imagery Program)，影像範圍包含整個美國大陸(Continental United States)，影像空間解析度為 1m，大小為 28×28 pixels，適用於影像分類。此資料集包含 Sat-4 及 Sat-6，兩者皆以人工方式標記類別，Sat-4 有 4 種類別；Sat-6 有 6 種類別，Sat-4 共有 500,000 張影像；Sat-6 則有 405,000 張影像。本研究選用 Sat-6 資料集與其他資料集比較及分析在臺灣使用的適用性。

EuroSat(Helber et al., 2019)選擇雲含量低且拍攝於歐洲 34 個國家的城市(如:丹麥、法國、德國、荷蘭、英國等)的 Sentinel-2 影像。此資料集共有 10 種類別，每一類別約有 2000 至 3000 張影像，總共有 27,000 張。影像大小為 64×64 pixels，空間解析度為 10m。其特點包括：(1)影像來自多個國家，令每個類別的土地類型多元化；(2)每一類別都含有該類別不同的土地類型，例如森林類別中包含不同類型的森林，使各個類別之間正相關性低；(3)各類別之影像數量多，利於深度學習；(4)適用於影像分類。

NWPU-RESISC45(Cheng et al., 2017)選擇於全球 100 多個國家和地區拍攝之影像，並調查現有數據集之類別，再篩選出 45 種具代表性的類別來建立資料集。每一類別有 700 張 256x256 pixels 的影像，影像空間解析度介於 0.2m 至 30m 之間。此資料集雖被廣泛用於開發和評估遙感影像檢索 (Remote sensing image retrieval, RSIR)方法，不過此資料集之影像大部分的面積為背景，感興趣的類別(classes of interest, COI)僅占影像的一小部分(圖 4.2-8)，影像中非 COI 的背景的資訊變化多，故不利於辨識。另外，此資料集影像之空間解析度差異大，代表影像將覆蓋大小明顯不同的區域，因此在視覺或語義上不太可能相似，會增加判釋錯誤的機會(Zhou et al., 2018)。



圖 4.2-8、NWPU-RESISC45 數據集影像範例 (Zhou et al., 2018)

PatternNet (Zhou et al., 2018)是高空間解析度遙感影像資料集，影像來自 Google Earth 或是 Google Map API 針對美國城市所蒐集的數據。有 38 種類別，每一類別有 800 張 256x256 pixels 的影像。相較於其他資料集，PatternNet 的特點為：(1)規模大，每一類的影像數量多，適合基於深度學習的 RSIR 方法；(2)解析度高，能清楚辨識影像中各個類別；(3)背景少，影

像中 COI 面積比例高，有利於辨識各種類別之物體；(4)適用於影像分類。

RSI-CB (Li et al., 2017)資料集選擇在世界主要國家及其城市和地區(如:美國紐約、巴西聖保羅、中國北京、日本大阪、德國柏林等)所拍攝之影像。依影像大小可分為 RSI-CB128 及 RSI-CB256，本工項選用 RSI-CB128 資料集與其他資料集比較，及分析在臺灣使用的適用性。此資料集根據 OSM(OpenStreetMap)現有類別與中國土地利用分類標準之共同類別建立分類類別。RSI-CB128 分為 6 個主要類別，45 個子類別，每一類別約有 800 張 128x128 pixels 的影像，總共有 36707 張，其空間解析度為 0.3 至 3m。該資料集的特點為: (1)適用於影像分類；(2)資料集分類類別為中國設計，且影像範圍包含中國與日本等亞洲地區，相較於其他資料集，其類別與影像更貼近臺灣，故適用於本研究。

UC-Merced 資料集影像來自美國地質調查局(USGS)大型航空影像，範圍包含美國 20 座城市(如:波士頓、休斯頓、洛杉磯、邁阿密、紐約等)。影像標記共有 21 種類別，每個類別各有 100 張影像，每張影像尺寸為 256 x 256 pixels，空間解析度約為 0.3m。UC-Merced 為單一或多重標籤之數據集，適用於影像分類，特點是具有高度重疊的類別(如稀疏住宅、中密度住宅與密集住宅) (Yang & Newsam, 2010)。

DOTA(Object deTection in Aerial images) (Xia et al., 2018)資料集影像來自 Google Earth，當中有部分影像是由中國資源衛星所拍攝，其數據只能用

於學術研究，禁止用於任何商業用途。此資料集共蒐集 2,806 張 800×800 至 4000×4000 pixels 的航空影像，共有 15 類標籤，屬於多重標籤之數據集，適用於物件偵測，能讓分類結果更加精確。

NWPU VHR-10(Northwestern Polytechnical University very-high-resolution 10-class) (Cheng et al., 2014)資料集將影像標記為 10 種類別，適用於物件偵測，共有 800 張光學遙感影像，包含 715 幅取自 Google Earth，空間解析度介於 0.5m 至 2m 的彩色影像；85 幅取自德國攝影測量遙感與地理資訊學會(German Society for Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation (DGPF))提供的 Vaihingen 數據集，空間解析度為 0.08m 的 VHR(very high resolution)全色態銳化(pan-sharpened)彩色紅外(color Infrared, CIR)影像。

SpaceNet 資料集影像由 Digital Globe 提供，包含 WorldView-2 與 WorldView-3 衛星影像。影像範圍包括國外六個大城市，分別為巴西里約熱內盧、美國拉斯維加斯與亞特蘭大、法國巴黎、中國上海、蘇丹喀土穆 (Larionov et al., 2020)。此資料集僅標記建物及道路這 2 種類別，適用於物件偵測或語意分割。

DSTL (Iglovikov et al., 2017)資料集影像來自 WorldView-3，包含 57 張 1 公里 x 1 公里的影像，共標記 10 種與工業及自然地景相關的類別。DSTL 為多重標籤之數據集，適用於語意分割，其特點是具有高度相關的類別(如

大型車輛、小型車輛)。

DroneDeploy(Pilkington et al., 2020)資料集蒐集 55 張航空正射影像及影像的高程資訊，並將其標記為七個類別。影像空間解析度為 10 公分，可提供細節資訊，故在分類上有良好的表現，適用於語意分割。

SEN12MS(Schmitt et al., 2019)資料蒐集自 Sentinel-1 雙偏極(VV, VH)合成孔徑雷達(Synthetic Aperture Radar, SAR)影像、Sentinel-2 多光譜(multi-spectral)影像及 MODIS 土地覆蓋圖。SAR 與多光譜影像取自於不同年份與季節(冬季:2016/12/1~2017/2/28;春季:2017/3/1~2017/5/30;夏季:2017/6/1~2017/8/31;秋季:2017/9/1~2017/11/30)且全球分佈;土地覆蓋資料則取自 2016 年。此資料集將影像標記為 33 類,包含 180,662 張 256x256 pixels 的影像,空間解析度為 10m,適用於語意分割。

表 4.2-3、各資料集基本資料

資料集名稱	單一/多重標籤	影像數量(張)	解析度(m)	涵蓋區域	適用性	類別數	影像類型(來源)
AID	Single-Label	10,000	0.5~8	世界各地	Classification	30	aerial image (Google Earth)
BigEarthNet	Single/Multi-Label	590,326	10,20, 60	歐洲的10個國家	Classification	43	satellite image (Sentinel-2)
DeepSat (Sat-6)	Single-Label	405,000	1	美國大陸	Classification	6	aerial image (NAIP dataset)
EuroSat	Single-Label	27,000	10	歐洲城市	Classification	10	satellite image (Sentinel-2)
NWPU-RESIS C45	Single-Label	31,500	0.2-30	全球 100 多個國家	Classification	45	aerial image (Google Earth)
PatternNet	Single-Label	30,400	0.062~4.693	-	Classification	38	aerial image (Google Earth)

資料集名稱	單一/多重標籤	影像數量(張)	解析度(m)	涵蓋區域	適用性	類別數	影像類型(來源)
RSI-CB (CB128)	Single-Label	36,707	0.22~3	世界主要國家及其城市	Classification	45	aerial image (Google Earth & Bing Maps)
UC-Merced	Single/Multi-Label	2,100	0.3	美國城市	Classification	21	aerial image (USGS National Map Urban Area Imagery)
DOTA	Multi-Label	2,806	-	-	Object Detection	15	aerial image
NWPU VHR-10	Single-Label	800	0.5~2	-	Object Detection	10	aerial image (Google Earth)
			0.08				Pan-sharpened CIR images (Vaihingen dataset)
SpaceNet	Multi-Label	24,586	0.3, 0.5	里約熱內盧、拉斯維加斯、巴黎、上海、亞特蘭大、喀土穆	Object Detection/ Semantic Segmentation	2	satellite image (WorldView-2、WorldView-3)
DSTL	Multi-Label	57	0.3~1.2	-	Semantic Segmentation	10	satellite image (WorldView-3)
DroneDeploy	Multi-Label	55	0.1	-	Semantic Segmentation	7	aerial orthomosaic image
SEN12MS	Multi-Label	541,986	10	世界各地	Semantic Segmentation	33	SAR image (Sentinel-1)、satellite image (Sentinel-2)、land cover maps (MODIS)

以建立適用於航遙測影像分類之模型為目的，本計畫使用國際開放標準測試集產生深度學習模型，建立訓練的參數值，以萃取影像的深度特徵

(deep feature)，並利用訓練好的深度學習模型執行遷移學習(Transfer learning)，改變模型在分類(classification)階段的參數，使模型可應用於臺灣地區。為了讓執行遷移學習的過程較合理，改變的分類參數較少，須找出與臺灣分類類別較相近之國際標竿測試集。

臺灣通用電子地圖(Taiwan e-Map)及國土利用分級分類為範例，透過找出與臺灣通用電子地圖及國土利用分級分類項目較相近之標竿測試集，探討國際資料集於臺灣地區之適用性。從上述十四個國際開放標竿測試集中挑選七個資料量較大或是較具代表性之訓練資料集(BigEarthNet、EuroSat、PatternNet、RSI-CB128、UC-Merced、DroneDeploy、SEN12MS)，各別與臺灣通用電子地圖及國土利用分級分類系統進行土地覆蓋類別的比對與分析。

臺灣通用電子地圖包含道路、鐵路及捷運、水系、行政界、區塊、建物、地標、控制點、門牌及正射影像十大類，其類別著重於基礎建設與公共設施。本工項以臺灣通用電子地圖分類類別其中六類(道路、鐵路及捷運、水系、區塊、建物及地標)為基準分別與七個國際開放標竿測試集之類別相互對應(類別對應詳見附件 D)。國際標竿測試集中，BigEarthNet、PatternNet 及 RSI-CB128 分類類別對應至臺灣通用電子地圖類別均無缺少，不過這三個資料集的分類類別中有部分類別是臺灣通用電子地圖沒有的；DroneDeploy 與 UC-Merced 分類類別中無與鐵路及捷運相關類別，無法對

應至臺灣通用電子地圖的鐵路及捷運類別；EuroSat 分類類別無法對應至臺灣通用電子地圖的鐵路及捷運、區塊這兩種類別；而 SEN12MS 無法對應至臺灣通用電子地圖的道路、鐵路及捷運、區塊這三種類別，僅能對應至臺灣通用電子地圖的水系、建物這兩種類別。綜整前述，依各資料集分類類別對應至臺灣通用電子地圖類別之能力，BigEarthNet、PatternNet 及 RSI-CB128 相較於其他四個資料集，較適合與臺灣通用電子地圖類別對應，其次依序為 UC-Merced 與 DroneDeploy、EuroSat、SEN12MS (表 4.2-4)。

表 4.2-4、各資料集基本資料

國際標竿測試集	無法對應的臺灣通用電子地圖類別
BigEarthNet、PatternNet、RSI-CB128	-
DroneDeploy、UCMerced	鐵路及捷運
EuroSat	鐵路及捷運、區塊
SEN12MS	道路、鐵路及捷運、區塊

臺灣通用電子地圖無法與各個國際標竿測試集對應之類別(國際標竿測試資料集之分類類別是臺灣通用電子地圖沒有的)主要可分為三類，第一類為自然地景類別，如森林、農田等，BigEarthNet、EuroSat、RSI-CB128 及 SEN12MS 資料集分類類別無法與臺灣通用電子地圖分類對應者大多為此類；第二類為一般物件，如飛機、太陽能板，DroneDeploy、PatternNet 資料集分類類別無法與臺灣通用電子地圖分類對應者大多為此類；第三類為

不存在於臺灣的地景或物件，如聖誕樹農場、油井、儲油灌。因此，像 SEN12MS 分類類別大多屬於自然地景，特別是植被景觀的資料集，或是分類類別大多非土地覆蓋類別之資料集，較不適合對應臺灣通用電子地圖的類別。另外，國內與國外資料集之分類類別對應時，類別會有重覆對應之情形發生，例如臺灣通用電子地圖的道路、鐵路及捷運這兩種類別在 BigEarthNet 是歸於同一類別，以及臺灣通用電子地圖的區塊、地標這兩種類別中有些子類別相同(如”公園”同時屬於區塊與地標兩種類別)。

臺灣國土利用分級分類系統將土地覆蓋分為九大類(第一級)，共包含 93 個子類別(第三級)。與臺灣通用電子地圖分類類別與方式不同，國土利用分級分類系統的類別數相當多且包羅萬象，不單著重於基礎建設與公共設施，也涵蓋了與自然地景相關的類別。以國土利用分級分類系統為基準分別與七個國際開放標竿測試集之類別相互對應(類別對應詳見附件 D)。開放訓練資料集中，BigEarthNet 分類類別對應至國土利用類別無缺漏，且 BigEarthNet 僅有兩個類別無法與國土利用分類對應。另外，除了 BigEarthNet 之外，其餘資料集皆缺少與礦、鹽相關之類別，而 PatternNet 還缺少與農業相關類別；EuroSat 還缺少與公共利用及遊憩設施相關類別；SEN12MS 還缺少與交通及遊憩設施相關類別。綜整前述，依各標竿測試集分類類別對應至國土利用分級類別之能力，BigEarthNet 最適合與國土利用分類類別對應，再來依序為 RSI-CB128 與 UC-Merced 與 DroneDeploy、PatternNet、

EuroSat 與 SEN12MS (表 4.2-5)。

表 4.2-5、各資料集基本資料

國際標竿測試集	無法對應的國土利用類別
BigEarthNet	-
RSI-CB128、DroneDeploy、UCMerced	礦鹽利用
PatternNet	農業、礦鹽利用
EuroSat	公共、遊憩、礦鹽利用
SEN12MS	交通、遊憩、礦鹽利用

國土利用分級分類系統無法與各國際標竿測試集對應之類別(國際標竿測試資料集之分類類別是國土利用分級分類系統沒有的)主要可分為二類，一類為非土地覆蓋類別(物件或設施)，另一類為不存在於臺灣的地景或設施。另外，國土利用分級分類的公共利用類別包含學校、政府機關、醫療保健、社會福利、環保及公用設備等建築設施，然對於大多數國際資料集，如 RSI-CB128、SEN12MS、UC-Merced 及 DroneDeploy 等，上述公共利用設施並無獨立被分為一種類別，而是統一被歸於“建築物”。因此，該類別在分類對應上較不精準，且國際開放資料集與國土利用分級分類類別對應時，同樣會有類別重覆對應之情形發生。

若後續欲建立專屬臺灣的標竿測試集並以此資料集執行臺灣通用電子地圖或是國土利用調查之分類，考量到目前臺灣通用電子地圖及國土利用分類成果的多數的原始資料來自航照影像，此資料集應選用航照影像。不

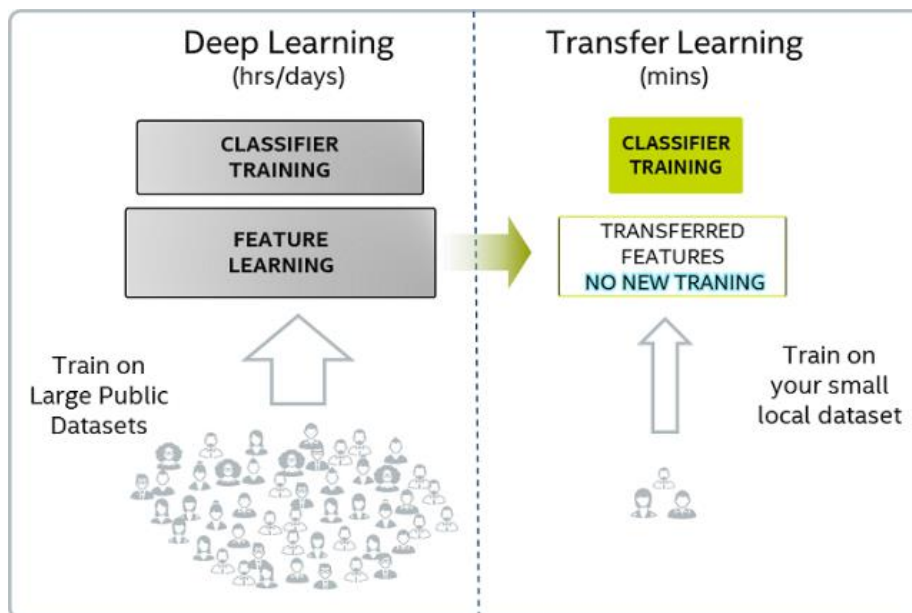
過，前述十四個國際開放資料集中將近一半的資料集的圖資來源為衛星影像，再加上臺灣的福衛二號(FORMOSAT-2, FS-2)衛星影像之空間解析度為 2 公尺，比其他以衛星影像為圖資之國際開放資料集的影像空間解析度高。因此，本計畫認為若以 FS-2 衛星影像建置臺灣訓練資料集也是相當不錯的選擇。此外，由資料集分類類別對應之討論與分析可知，七個標竿測試集中 BigEarthNet 為最適用於臺灣地區之資料集，其次為 RSI-CB128，而 SEN12MS 與 EuroSat 為較不適合用於臺灣的資料集。故在規劃建置臺灣標竿測試集時，建議可參考 BigEarthNet 及 RSI-CB128 資料集的分類項目，並以臺灣通用電子地圖或國土利用分級分類系統為基礎，增減與修改訓練資料集之分類類別與類別數。至於資料集各類別之影像數量，資料量相對較龐大的 BigEarthNet 單一類別影像數量最少有 328 張，最多有 217,119 張；資料集包含亞洲地區影像之 RSI-CB128 每一類別有 800 張，而大多數國際資料集每一類別之數量不低於 100 張，故建議建置臺灣訓練資料集時，各類別影像數量至少蒐集 100 張，至多不限。

4.2.3 建立航遙測自動化地物智慧辨識與分類技術，並評估其精度與成效

本項工作主要目標為建立深度學習多光譜遙測影像自動化地物判識技術，以判識影像場景的地物類別。本(109)年度預期成果是完成深度學習技術建立，並評估智慧辨識精度及成效。本年度具體成果是比較使用近景影像預訓練模型(ImageNet)及遙測影像預訓練模型(BigEarthNet)在遷移式學習

的分類精度，驗證使用遙測影像預訓練模型有較佳的精度，且展示「遷移式學習技術」比「非遷移式學習」有更好的運算效能。未來規劃為應用本項技術於自動化判識影像場景中的地物類別。

為克服深度學習訓練樣本數不足的問題，一般常使用預訓練(Pretrained)網路模型進行遷移式學習(Transfer Learning)，遷移式學習僅更新分類層(Classification Layer)的參數，可克服計算過多參數的問題，運作方式如圖 4.2-9 所示。在遷移式學習中，預訓練網路模型是由 ImageNet 等近景影像作為訓練資料集所產生。不過，由於傳統 ImageNet 影像特性與航遙測影像由上而下拍攝的特性截然不同，影像分類類別與地物分類之差異相當大，故遷移式學習之成效有限。因此，有必要使用航遙測影像建立初始網路模型，提升分類成果。



圖片來源：<https://medium.com/free-code-camp/asl-recognition-using-transfer-learning-918ba054c004>

圖 4.2-9、遷移學習運作方式

對航遙測影像分類而言，地物判識是相當重要的工作。本項工作利用前項工作之訓練資料集進行地物判識，使用的方法為深度學習的卷積神經網路(Convolutional Neural Network, CNN)，並以精度分析展示判識成果。本項工作研究成果分為兩階段：第一階段以 UC-Merced 及 PatternNet 資料集分析「三個波段」的遙測影像判識成果；第二階段則是 BigEarth 及 EuroSAT 資料集分析「十個波段」的遙測影像判識成果。

在第一個階段，本計畫選用以 ImageNet 為訓練資料集所產生之預訓練模型，包含 Alexnet、Googlenet、Inceptionv3、Resnet50、Resnet101、Squeezenet、Vgg16 及 Vgg19，共八個廣泛被使用的網路模型。訓練資料選擇 UC-Merced 及 PatternNet 航遙測影像訓練集，運用遷移式學習更新前述八個預訓練模型後，再對 UC-Merced 及 PatternNet 資料集進行影像區塊(Image Patch)分類，判識每一影像區塊對應的類別。遷移式學習成果精度評估所利用的指標有正確率(Accuracy)、準確率(Precision)、召回率(Recall)及 F1-Score (Mishra, 2018)(式 4-2-1~式 4-2-4)。

$$\text{Accuracy(正確率)} = (\text{TP} + \text{TN}) / (\text{TP} + \text{TN} + \text{FP} + \text{FN}) \quad \text{式 4-2-1}$$

$$\text{Recall(召回率)} = \text{TP} / (\text{TP} + \text{FN}) \quad \text{式 4-2-2}$$

$$\text{Precision(準確率)} = \text{TP} / (\text{TP} + \text{FP}) \quad \text{式 4-2-3}$$

$$\text{F1-score} = 2 * \text{Precision} * \text{Recall} / (\text{Precision} + \text{Recall}) \quad \text{式 4-2-4}$$

其中，TP(True Positive)是真實情況「有」，模型判識「有」的正確個

數；TN(True Negative)是真實情況「沒有」，模型辨識「沒有」的正確個數；FN(False Negative)是真實情況「有」，模型辨識「沒有」的錯誤個數；FP(False Positive)是真實情況「沒有」，模型辨識「有」的錯誤個數。

此階段首先在 UC-Merced 資料集 21 個類別中選出 12 類作為訓練資料(圖 4.2-10)，每一類別各有 100 張影像，將每個類別之影像集分為三組：(1)80% 影像為訓練集(Training)，用於估計參數；(2)10% 影像為驗證集(Validation)，用於確認參數適用性並反饋至參數估計；(3)10% 影像為檢核集(Test)，用於獨立檢核參數正確性。使用上述八個預訓練網路模型進行遷移式學習，並利用檢核集進行精度評估。圖 4.2-11 比較八個網路模型的檢核資料精度，其中 Vgg16 的整體表現最佳，12 個類別的測試精度(Test accuracy)都高達 90% 以上(表 4.2-6)。



圖 4.2-10、UC-Merced 資料集範例



圖 4.2-11、UC-Merced (12 類別)檢核集之 Precision、Recall 及 F1-Score

接著，在 PatternNet 資料集選出與 UC-Merced 重複的 11 個類別作為「跨資料集的檢核」，「跨資料集的檢核」是指先用 UC-Merced 資料集訓練，再用 PatternNet 資料集檢核(表 4.2-6)。PatternNet 資料集中 11 個類別的資

料都視為檢核集(Test)，每一類別各有 800 張影像。成果顯示，測試精度(Test accuracy)介於 75%~84%之間，低於單使用 UC-Merced 資料集之精度。另外，在特定的網路(Resnet50、Resnet101 及 Inceptionv3)下，PatternNet 資料檢核集得到的測試精度較其他網路高。造成此結果的原因可能為：

- (1) 兩個資料集的空間解析度不同(UC-Merced 影像的空間解析度為 0.3m；PatternNet 影像空間解析度介於 0.062m 至 4.693m)，使檢核精度下降。
- (2) 不同的深度學習網路會得到不同的測試精度，較複雜之網路(resnet50、resnet101 及 inceptionv3)於跨資料測試時能得到較高的測試精度，故使用相對複雜之網路可提高測試精度。

表 4.2-6、各深度學習網路之成果精度

網路名稱	UC-Merced (12 類)			跨資料集的檢核 PatternNet (11 類)
	Train Accuracy	Validation Accuracy	Test Accuracy	Test Accuracy
Alexnet	99.86	92.83	95.00	77.91
Googlenet	99.31	92.50	92.08	77.42
Inceptionv3	99.72	95.42	96.25	81.68
Resnet50	100.00	96.67	96.25	82.72
Resnet101	100.00	95.00	96.25	84.98
Squeezent	99.58	90.42	93.75	77.05
Vgg16	100.00	97.50	96.67	75.88
Vgg19	99.86	96.67	95.42	75.06

前述用於學習與分類之 UC-Merced 及 PatternNet 資料集僅包含「紅、藍、綠三個波段」的航遙測影像，無法直接與超過三個波段的多光譜航遙測影像相容外，遷移式學習使用的八個預訓練模型是利用近景影像訓練所產生，與使用航遙測影像訓練產生之模型的性質相差甚多。基於此原因，本計畫認為需要專門設計適用於超過紅、藍、綠三個波段航遙測影像的類神經網路架構，採納更多資訊進行辨識，得到最佳的辨識成果。

在第二個階段，採用專為航遙測影像設計，以 BigEarthNet (Sumbul et al., 2019) 為訓練資料集所產生的預訓練模型，包含 KBranchCNN(Sumbul et al., 2019)、Vgg16、Vgg19、Resnet50、Resnet101 及 Resnet152，共六種模型。前述預訓練模型經過設計可以使用多波段的 Sentinel-2 影像（包含 Blue、Green、Red、Vegetation Red Edge、NIR、SWIR 等，共 10 個波段）(圖 4.2-12)。此階段的遷移式學習需要採用含有多波段的航遙測影像資料集，故選擇與 BigEarthNet 同樣使用 Sentinel-2 影像建置的 EuroSAT (Helber et al., 2019) 資料集(圖 4.2-13)，更新六種預訓練模型後，再對 EuroSAT 資料集進行影像分類。




	<p>影像: S2A_MSIL2A_20170617T113321_86_44</p> <p>標籤: Sea and ocean</p>
	<p>影像: S2A_MSIL2A_20170613T101031_82_56</p> <p>標籤: Pastures, Coniferous forest, Mixed forest</p>
	<p>影像: S2A_MSIL2A_20170701T093031_6_29</p> <p>標籤: Coniferous forest, Mixed forest, Transitional woodland/shrub</p>

圖 4.2-12、展示部分 BigEarth 資料集標籤與可見光影像

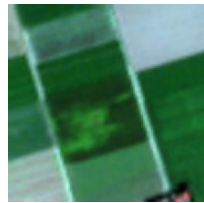


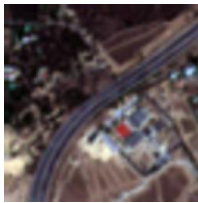






Annual Crop	Forest	Herbaceous Vegetation	Highway	Industrial
				
Pasture	Permanent Crop	Residential	River	Sea Lake
				

圖 4.2-13、展示 EuroSAT 資料集各類別標籤可見光影像範例

航遙測影像的遷移式學習步驟為：(1)轉換 EuroSAT 資料集成為 BigEarthNet 資料集格式，產生每一影像對應類別標籤。(2)資料前處理：將影像資料集分成訓練(70%)、驗證(15%)及獨立檢核(15%)三組資料。此外，為了與先前 PatternNet 對 UC-Merced 遷移式學習成果比較，另外將整個 EuroSAT 資料集從原本每一類別有 2000 至 3000 張影像隨機抽樣減少至每一類別 100 張與 500 張。(3)使用六種架構以 BigEarthNet 資料集預訓練模型進行遷移式學習，包括 KBranchCNN、Vgg16、Vgg19、Resnet50、Resnet101 及 Resnet152。在遷移式學習階段，設定前 50 個 epoch 只進行最後的分類器訓練的參數更新，接著後 100 個 epoch 同時進行特徵萃取與分類器訓練的參數更新。

相較於先前只使用三個波段(RGB)影像(PatternNet 檢核集，每一類別各 800 張影像)進行遷移式學習，獨立檢核的正確率(Accuracy)最高為 84.98%，使用十個波段 Sentinel-2 影像(EuroSAT 資料集，每一類別各 500 張影像)進行遷移式學習後，獨立檢核的正確率最高為 Resnet152 的 97.23%(圖 4.2-15)，另外，使用 EuroSAT 每一類別各 100 張之資料集顯示就算在遷移式學習階段只使用少部分資料，獨立檢核的正確率也都高於 85%(圖 4.2-14)。由此實驗成果可知，使用專為航遙測影像設計的類神經網路架構辨識正確率高於傳統網路架構。

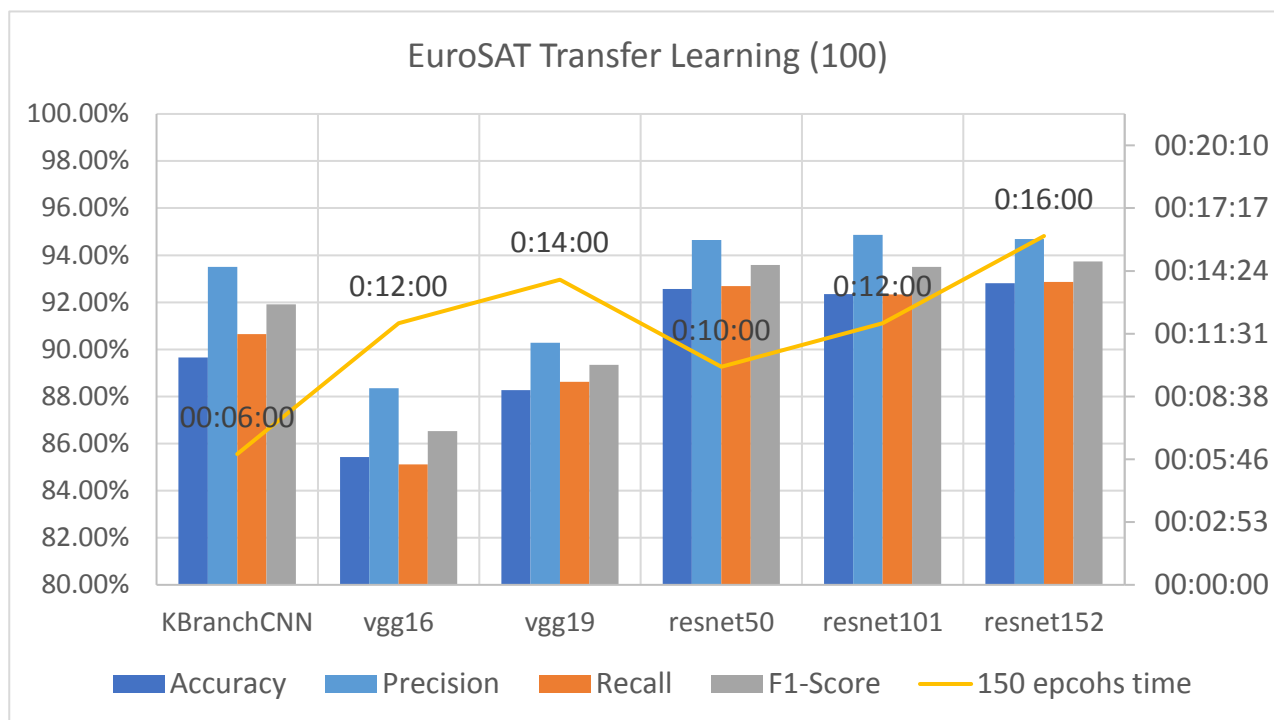


圖 4.2-14、獨立檢核成果與訓練時間:使用 EuroSAT 各類別 100 張之資料集

遷移式學習

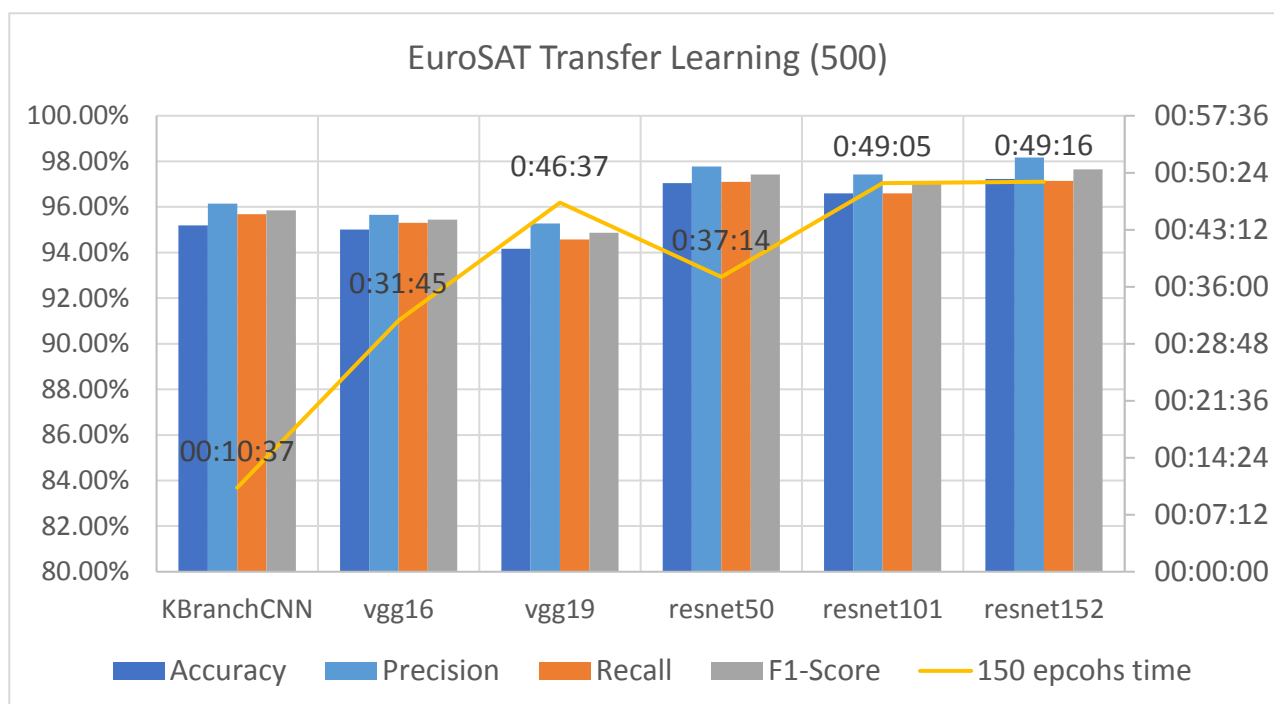


圖 4.2-15、獨立檢核成果與訓練時間:使用 EuroSAT 各類別 500 張之資料集

遷移式學習

為了比較「遷移式學習」與「直接訓練模型」所需的計算資源，本項分析以 EuroSAT 全資料集進行測試。兩組實驗皆設定以 100 個 epoch 執行特徵萃取與分類訓練。完整的 EuroSAT 資料集進行遷移式學習，得到最高的正確率為 ResNet101 的 98.17%(圖 4.2-16)；直接訓練模型得到最高的準確率為 ResNet101 的 98.49%(圖 4.2-17)。除了直接訓練的 KBranchCNN 之外，其他模型的正確率都高於傳統架構的遷移式學習。另外，計算資源需求量可透過訓練時間看出差異，KBranchCNN 不論在遷移式學習還是直接訓練都使用最少資源，其餘網路消耗較多時間，且直接訓練比遷移式學習需多花至少 60% 的時間(圖 4.2-16、圖 4.2-17)。

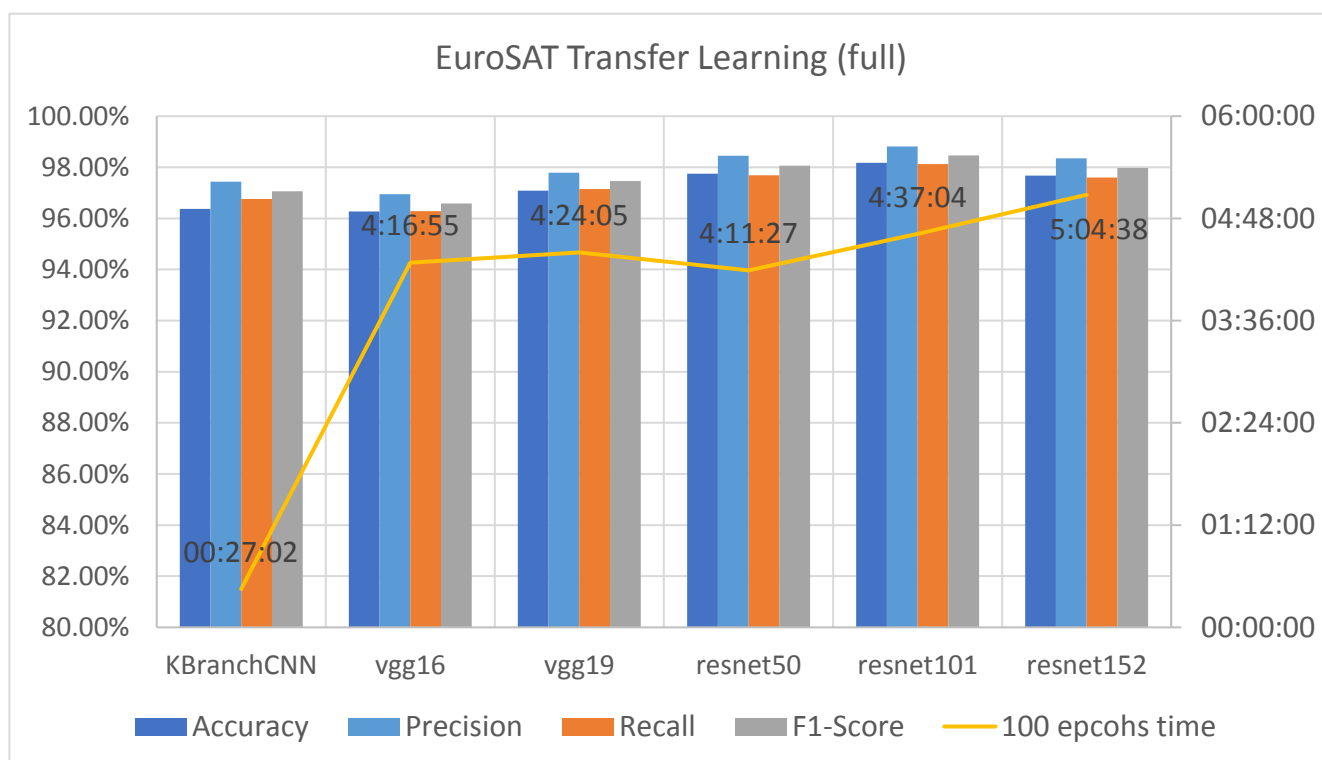


圖 4.2-16、使用 EuroSAT 全資料集遷移式學習獨立檢核成果與訓練時間

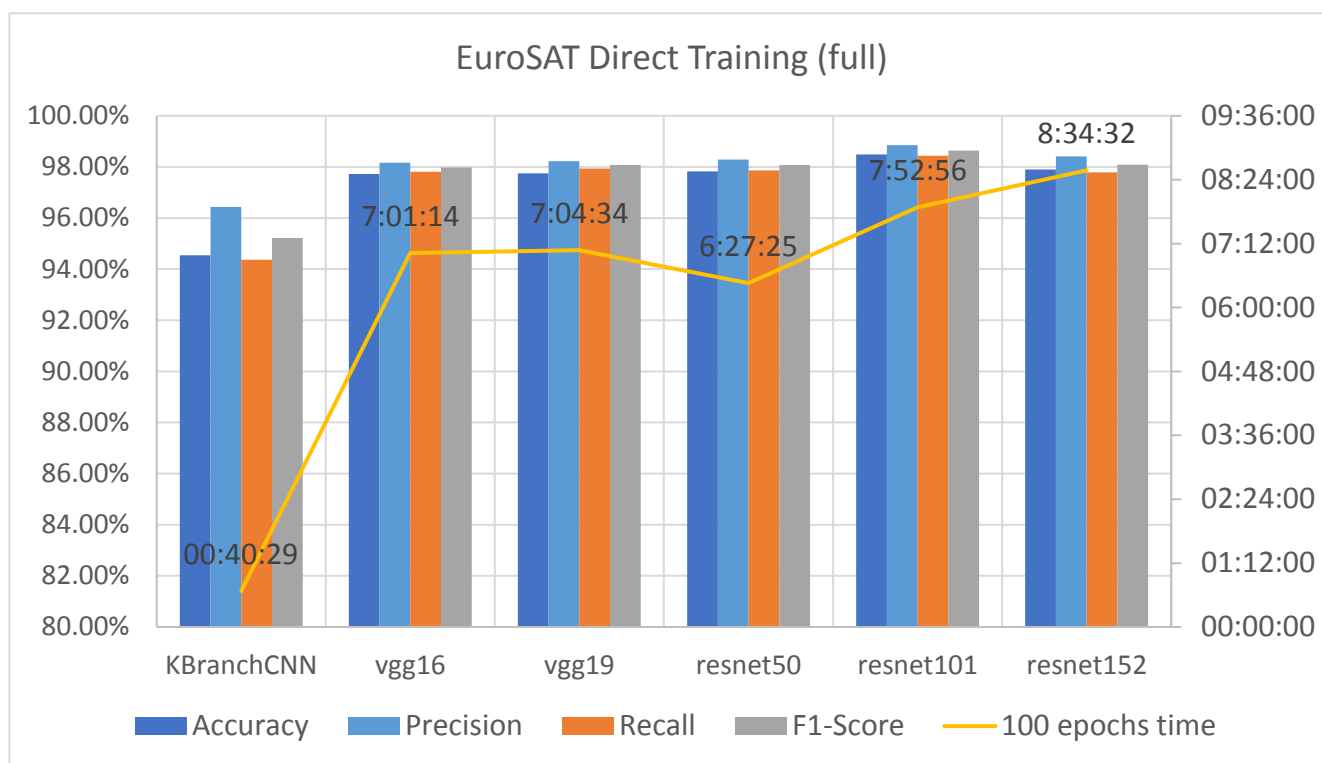


圖 4.2-17、使用 EuroSAT 全資料集直接訓練獨立檢核成果與訓練時間

本項研究工作結論如下：(1)遷移式學習訓練速度快，所需計算資源少，且不用特別調校參數，具實用性。(2)預訓練模型的選擇對於成果精度有一定程度的影響，在訓練樣本數量較少時，不適合使用近景影像所訓練產生之預訓練模型執行航遙測影像遷移式學習，因此，需要使用航遙測影像所訓練之預訓練模型。

4.2.4 評估航遙測影像結合測量實工作之智慧整合應用

本項工作主要目標為評估使用無人機輔助地籍測量製圖作業。本(109)年度以整理應用無人機測繪技術於地籍測繪之注意事項為預期成果。本年度具體成果完成(1)案例蒐集與分析，比較現有案例於無人機影像輔助辦理

非都區地籍圖更新、土地複丈等業務，以及(2)建議應用無人機測繪技術於地籍測繪之注意事項，未來規劃為分析成果供無人機測繪技術於地籍測量製圖作業參考。

因應數位時代的來臨，各項測繪業務逐漸隨著科技發展改變了作業的方法與程序。提高圖資品質與提高更新頻率並減少人力資源是測量技術發展的重要方向之一。行政院於 104 年 9 月核定內政部推動自 105 年至 109 年之「落實智慧國土—國土測繪圖資更新及維運計畫」，此計畫分項工作即包含「優化地籍圖資料供應」。另外，國土測繪中心推動「地籍圖重測計畫」及「圖解數化地籍圖整合建置及都市計畫地形圖套疊工作」等重要政策，主要目的為建立完整的數值地籍圖資，提升地籍圖精度並與 1/1000 地形圖、都市計畫樁位圖套疊整合。

無人飛行載具系統 (Unmanned Aircraft Systems, UAS)、移動測繪系統 (Mobile Mapper System, MMS)等皆為新興之測量技術，其中，無人飛行載具 (Unmanned Aerial Vehicle, UAV)機動性強且成本低，利用攝影測量技術可快速自動化獲取地面資訊，可即時掌握土地使用現況。近幾年，許多測量製圖相關組織與單位嘗試利用 UAS 協助辦理地籍圖重測、土地複丈等業務。例如彰化縣員林地政事務所為了縮短土地複丈作業時間，及減少鑑界成果不一致情況，於 105 年利用 UAV 拍攝影像配合 e-GNSS 系統輔助農地重劃區土地複丈作業，以解決農地重劃區地籍圖簿地面積不符之情形(黃正

龍等人，2016)；宜蘭縣宜蘭地政事務所於 107 年利用 UAV 配合 e-GNSS 系統辦理農地重劃區地籍圖重測現況測量之可行性分析，比較 UAV 航拍測量與地面測量成果之精度，探討應用 UAV 影像獲取界址點坐標實施放樣之可行性，並解決界址測量人力不足的問題(鄭有勝等人，2018)；桃園市政府地政局為了克服山區地籍圖重測受到地形起伏劇烈與面積龐大等限制所產生的瓶頸，於 108 年提出以旋翼無人機航攝影像輔助山區地籍圖重測研究(邱式鴻等人，2019)；日本國土交通省國土地理院 (Geospatial Information Authority of Japan)為了增加山區地籍調查的效率，於 107 年以 UAV 協助山區地籍測量，讓測量人員不必至現場施測即可確認土地界址(日本國土交通省，2018)。

由上述試辦案例可知，使用 UAV 航遙測影像輔助地籍圖重測、土地鑑界、土地分割作業等有助於改善測量實施作業程序，極具推動效益。實務上，UAV 航遙測影像有其視角及空間解析度之限制，仍需要結合地面測量實施作業以達地籍測量之目的，因此兩者之智慧整合為重要的討探議題。為了因應測量實施作業需求，本工作項目評估使用無人機輔助地籍測量作業，以提升測量實施作業之效率。

本項工作內容主要分成三個部分，第一部分為蒐集、統整與參酌國內外相關組織、單位與研究學者應用 UAV 影像於地籍測繪作業之案例以及適用性研究之方法和成果；第二部分為訪談國內地籍測量從業人員對於 UAV

航遙測影像結合地籍測量的看法與建議；第三部分為參考國內外研究案例並將訪談內容納入考量，評估 UAV 正射影像套繪地籍圖測製作業之可行性，整理應用 UAV 於地籍測繪之注意事項，如 UAV 的種類及性能、航拍前置作業、對地飛行高度、搭載相機的率定資料、航拍時前後及側向重疊率、控制點與檢核點數量與佈設、檢核點精度、詳細的作業方法與流程等，以確保 UAV 影像輔助地籍測量之品質。提供相關單位及地籍測繪作業人員參考，以利提升地政事務所實際以 UAS 輔助地籍測量的可能性，及未來推動新興測繪技術改善現有測量製圖作業的執行力。

本計畫共蒐集九個應用 UAV 影像於地籍測繪作業及其適用性討論之案例(表 4.2-7)，相關案例如下：

案例一為利用無人飛行載具拍攝影像圖配合 e-GNSS 系統輔助農地重劃區土地複丈作業之研究(黃正龍等人，2016)，其目的為提升複丈作業成果精度，減少鑑界成果不一致的情況發生，並解決圖幅接合的問題。該案例使用由 UAV 影像製成的高解析度、高精度正射影像，輔助戶地測量成果及圖解地籍數化成果之比對與套合，最終產製符合現況的三圖合一套疊成果。

案例二為利用無人飛行載具配合 e-GNSS 系統辦理農地重劃區地籍圖重測現況測量之可行性分析:以宜蘭縣員山鄉三泰段為例(鄭有勝等人，2018)，其目的為運用 UAV 協助地籍圖重測，並分析 UAV 航拍測量成果及

地面測量成果之精度，研究結論提到 UAV 正射影像有助於減少地籍圖重測作業中界址測量所需之工時與人力。

案例三為利用無人飛機系統航拍輔助土地複丈(張寶堂，2019)，此研究將 UAV 航照影像製成的正射影像套繪圖解農地重劃區地籍圖，以影像中可靠之經界物取得土地複丈所需的資料。研究成果顯示應用 UAV 於實施測量業務時能幫助提升資料蒐集的自動化程度外，也有益於增加經界物取樣之效率及降低所需之人力與經費，不過目前以 UAV 進行航攝作業仍會受到樹木、房屋等物體影響，使影像中之經界物被遮蔽，故尚需適時搭配現場測量。

案例四為以旋翼無人機航攝影像輔助辦理山區地籍圖重測之研究(邱式鴻等人，2019)，目的為從技術面分析 UAV 影像輔助山區地籍圖重測辦理戶地測量之可行性。該研究除了比較實地測量及 UAV 正射影像特徵點於平面位置的差異外，還利用空載光達(LiDAR)產生山區數值高程模型(Digital Elevation Model, DEM)，並比較立體測量成果與地測現況，結果顯示航測成果精度符合地籍測量實施規則，且能夠反映地測無法測繪之現況，展現地測作業因地形限制而無法施測之處，證明確實能夠以航攝影像輔助辦理山區地籍圖重測。

案例五為 UAV 輔助地籍測量之研究:以月眉農地重劃區為例(徐德富等人，2019)，此案例亦討論利用 UAV 航測替代現況測量之可行性，比較 UAV

正射影像及現地測量點位之平面差距，成果精度同樣符合地籍測量實施規則，證實在農地重劃區可應用 UAV 協助戶地測量作業。

案例六為 UAV 正射影像應用於未辦地籍整理地區現況測量之研究(陳俊達等人，2019)，目的為印證不論使用旋翼型或定翼型 UAV 執行測量航拍作業，當航拍相機鏡頭規格性能具備一定條件以上，其航拍影像產製之正射影像成果可符合精度要求，另外，此研究也評估利用 UAV 航拍所製作之正射影像成果是否可作為現況測量圖資，與未辦地籍整理地區辦理套疊作業。成果證明 UAV 正射影像精度符合未辦地籍整理地區精度要求，且以正射影像作為套疊圖資可避免套圖偏差情況發生。

案例七為利用 UAV 更新崩塌地區的農田地籍數據(Puniach et al., 2018)，此研究目的為評估使用 UAV 拍攝圖資更新受崩塌影響的地區的地籍資料之適用性。研究成果證明應用 UAV 產製之正射影像及 DSM 可用於更新地籍數據，包含崩塌區域的面積、範圍及土地利用類別等空間資訊。

案例八為 109 年度雲林縣無人機航拍大比例尺正射影像套繪地籍圖測量作業輔助判釋實務分析(詠翔測量工程有限公司，2020)，目的為評估以正射影像輔助辦理早期已辦竣農地重劃地區地籍圖、簿、地不符樣態分析計劃之可行性。研究產製之正射影像符合地籍測量實施規則規定外，比較地面實測樁位與正射影像量測之相對誤差也符合地籍測量實施規則規範，影像成果達到輔助地籍圖套疊分析及判釋之效果。不過，由於界址點於正射

影像不易辨認，故此案例建議現況量測可選擇容易辨識之水泥樁或路溝交界處等。

案例九為無人機於國有土地勘查之應用(邱傑勤，2018)，目的為輔助清查國有土地作業，解決國有土地面積大或是地點不易到達等造成勘查不易的問題。協助勘查的方式為將 UAV 正射影像套疊數值地籍圖，查看土地使用狀況與範圍，分析國有土地是否被占用。該案例提到應用 UAV 輔助作業雖然有節省人力與時間、能取得人員無法到達之處的現況照片等優點，但也有以下缺點：(1)UAV 電池續航力不足；(2)易受氣候影響；(3)不適合於建築物或障礙物較多之處飛行；(4)在沒有可對位的控制點的區域拍攝，影像套疊地籍圖時誤差較大。

表 4.2-7、應用 UAV 影像於地籍測繪作業之案例

案例	出處	年度	測量業務	UAV 正射影像用途
一	彰化縣員林地政事務所	105	農地重劃區土地複丈	輔助土地複丈及地籍圖套合作業
二	宜蘭縣宜蘭地政事務所	107	農地重劃區地籍圖重測	輔助地籍圖重測
三	臺灣師範大學碩士論文	108	圖解農地重劃區土地複丈	輔助土地複丈作業
四	桃園市政府地政局	108	山區地籍圖重測	取得不易到達處之現況測量資料，輔助辦理地籍圖重測
五	桃園市大溪地政事務所	108	農地重劃區地籍測量	輔助戶地測量作業
六	國土測繪與空間資訊期刊	108	未辦地籍整理區複丈	輔助土地複丈作業
七	ISPRS International Journal of Geo-Information	107	農地(崩塌地區)地籍圖資更新	掌握實地資訊，更新崩塌地區的地籍數據

案例	出處	年度	測量業務	UAV 正射影像用途
八	雲林縣政府、北港地政事務所、西螺地政事務所 (詠翔測量工程有限公司)	109	農地重劃區地籍圖、簿、地不符樣態分析	輔助地籍圖套繪分析
九	國有財產署	107	國有土地勘查作業	掌握現況資訊，勘查土地使用狀況與範圍

由上述案例可知，UAV 航拍影像目前主要用於輔助辦理非都區地籍圖更新與重測、土地複丈等業務。UAV 影像經處理後產生正射影像與數值地表模型 (DSM)，使測量人員能夠快速掌握實地現況等空間資訊，協助地籍圖套合作業，有益於輔助圖解地籍圖數值化之圖幅接合外，亦可運用正射影像中可靠之經界物取得土地複丈所需的資料，幫助作業人員獲得山地或其他不易到達處之現地資料。

統整案例一到八所使用之 UAV 類型、航線規劃數據、空標點佈設數量等資料(表 4.2-8)，案例成果精度如表 4.2-9 所示(排除案例七)，可供後續訂定應用 UAV 航測輔助辦理地籍測繪作業之相關規範參考。大部分案例考量到旋翼型 UAV 機動性高、不受地形影響等優點而選用旋翼型 UAV。案例五與案例六比較不同類型 UAV 執行測量航拍作業之成果精度，成果顯示選擇使用何種類型的 UAV 對於航拍正射影像精度的影響不大。不過案例五建議選用具有 RTK 功能之 UAV，原因為其拍攝之影像皆有良好的攝影站位置坐標，於實務上可大幅減少航空標之佈設時間，在內、外業都能有效縮短作業時間。另外，UAV 搭載的相機鏡頭至少為 1600 萬畫素。航線規劃中，

航高因拍攝區域而不同，皆配合地形起伏使地面解析度低於 5 公分；影像前後重疊率至少達 80%，側向重疊率至少達 60%。

表 4.2-8、UAV 航拍規劃數據及精度評估

案例	UAV		航線規劃數據				空標點數量	
	類型 (廠牌/型號)	鏡頭畫素 (萬)	航高 (m)	地面解析度 (cm/pixel)	前後重疊率 (%)	側向重疊率 (%)	控制點	檢核點
一	-	-	160	3	85	70	18	13
二	多旋翼型 (DJI/Phantom 4 Pro)	2000	50	4	80	60	3	11
三	多旋翼型 (DJI/Phantom 4 Pro)	2000	100	2.74	80	80	10	4
							5	9
四	多旋翼型 (AI-RIDER/YJ-1000-HC)	5000	300	3~6	80	80	89	
五	多旋翼型 (TOPCON/FALCON 8)	3600	140	2.27	80	75	15	27
			70	1.12				
	定翼型 (senseFly/eBee RTK)	1600	170	4.21	80	65	-	13
六	多旋翼型 (TOPCON/FALCON 8) (AI-RIDER/AI-1100-QC)	3600	143	2.50	80	70	-	43
			5000	197				5
	定翼型 (senseFly/Ebee Plus)	2000	122	2.80				94
七	旋翼型 (DJI/s1000)	1600	601-802	2	80	60	15	18
八	多旋翼型 (Matrice M210 V2+zenmuse x7)	2080	322	3.6	80	60	45	5
							45	5

表 4.2-9、UAV 影像輔助地籍測繪作業案例之精度評估

案例	研究區域	評估方式	精度評估		案例提及 符合地籍測量 實施規則
			控制點 均方根/最大 誤差(cm)	檢核點 均方根/最大 誤差(cm)	
一	農地重劃區	實測可靠之界址點(石樁、圍牆、塑膠樁、道路、水溝、田埂)與正射影像量測控制與檢核點坐標的平面偏差量	1.40 / -	3.80 / -	-
二	農地重劃區	實測檢核點(圍牆、塑膠樁、道路、水溝、田埂)與正射影像量測檢核點坐標的平面偏差量	-	4.23 / -	-
三	圖解 農地重劃區	實測控制點及檢核點坐標與正射影像量測的控制點及檢核點坐標之平面偏差量	1.60 / 2.70 (使用 10 個控制點)	2.37 / 2.90 (使用 10 個控制點)	第 90 條
			1.22 / 1.80 (使用 5 個控制點)	2.89 / 7.10 (使用 5 個控制點)	
		實測現況經界物邊長與正射影像之差	-	第 76 條之 1	
註: 若以第 74 條之 1 規範評估, 經界物邊長較差符合率約介於 70.59-79.41% 間					
四	數值與圖解 山區	既有圖根點與正射影像量測航測之控制點及檢核點共點者的坐標平面偏差量	-	2.07 / - (測試區一)	第 75 條
				5.37 / - (測試區二)	
五	農地重劃區	現況測量之經界(道路、水溝、田埂、圍牆(籬)等)與正射影像量測坐標的平面偏差量	2.60 / - (使用旋翼型 UAV)	3.20 / - (使用旋翼型 UAV)	第 73 條之 2
			-	9.00 / - (使用定翼型 UAV)	

案例	研究區域	評估方式	精度評估		案例提及 符合地籍測量 實施規則
			控制點 均方根/最大 誤差(cm)	檢核點 均方根/最大 誤差(cm)	
六	未辦地籍 整理地區	實測地物特徵檢核 點(道路標線角、水 泥護欄角、屋角、水 溝蓋角)與正射影像 量測坐標的平面偏 差量	-	15.1 / 33.9 (UAV 航拍方式一)	第 75 條
				9.70 / 25.9 (UAV 航拍方式二)	
				6.60 / 17.8 (UAV 航拍方式二)	
八	農地重劃區	實測樁位(水泥樁、 塑膠樁、路溝交界 等)與正射影像量測 坐標的平面偏差量	-	7.00 / 18.10 (測試區一)	第 73 條之 2 第 90 條
				6.40 / 11 (測試區二)	
				6.10 / 11.30 (測試區三)	
備註: 第 73 條 戶地測量採數值法測繪者，其圖根點至界址點之位置誤差不得超過下列限制: 一、市地：標準誤差二公分，最大誤差六公分。 二、農地：標準誤差七公分，最大誤差二十公分。 三、山地：標準誤差十五公分，最大誤差四十五公分。 第 74 條 戶地測量採數值法測繪者，其界址點間坐標計算邊長與實測邊長之差不得超過下列限制: 一、市地：2 公分+0.3 公分 \sqrt{S} (S 係邊長，以公尺為單位) 二、農地：4 公分+1 公分 \sqrt{S} 三、山地：8 公分+2 公分 \sqrt{S} 第 75 條 戶地測量採圖解法測繪者，其圖根點至界址點之圖上位置誤差不得超過零點三毫米。 第 76 條 戶地測量採圖解法測繪者，圖上邊長與實測邊長之差，不得超過下列限制: 一、市地：4 公分+1 公分 \sqrt{S} +0.02 公分 M (S 係邊長，以公尺為單位，M 係地籍圖比例尺之分母) 二、農地：8 公分+2 公分 \sqrt{S} +0.02 公分 M 三、山地：13 公分+4 公分 \sqrt{S} +0.02 公分 M 第 90 條 展繪已知點，應依各點之縱橫坐標，就圖廓及方格網，按既定之比例尺，嚴密施行，並以距離檢查之。其展繪誤差不得超過零點二毫米。					

受訪的國內地籍測量專家包含新竹市地政事務所蕭介峰秘書、國立政治大學邱式鴻教授，及國立臺北大學江渾欽教授。蕭介峰秘書認為現行測量從業人員利用 UAS 輔助地籍測繪作業主要是使用 UAV 正射影像進行調查作業，及套疊地籍圖與實地現況。不過除此之外，同樣為新興之測量設

備的無人機光達(LiDAR)及地面光達(Ground-based LiDAR)也可應用於輔助地籍測量，因為光達可以直接量取地面三維坐標。另外，由 UAV 航拍影像或 UAV 光達獲取之三維坐標能應用於推動未來動態地籍調查表。邱式鴻教授提出以航測輔助地籍測繪作業的優點與限制，優點包含：(1)航測影像可永久保存現況；(2)航測影像可大範圍進行調查，提高效率；(3)測量人員不易到達之處(例如：山區)須執行圖根點補建時，航測影像能做為良好的參考依據外，也可用於發展虛擬指界。缺點包含：(1)航測影像須滿足地籍測量實施規則針對量測成果精度之規定；(2)正射影像上的線形構造物校正不完全，會造成構造物在正射影像上扭曲，建議在地籍調查時，應回歸到立體像對上做量測，不要直接在正射影像上量測；(3)對山區來說，山脊線的定義及位置的數化有一定的困難。邱教授也提到執行航拍任務所使用的相機的規格對航測成果有相當關鍵的影響，如像幅的大小、影像畸變(distortion)等問題。另外，建議本計畫在建立作業程序時，可參考桃園市政府「航空攝影測量用以辦理地籍圖重測之委託及研究」工作總報告。

依地籍測量實施規則第 185 條規定，地籍圖重測之程序為先地籍調查後地籍測量。江渾欽教授建議 UAV 應用於輔助地籍重測時，可用於初步測量，使地籍圖重測程序更改為先初步測量，再地籍調查，後地籍測量，有益於改善地籍測量規劃作業。UAV 影像在地籍調查階段，也可放到地籍調查表上，提供土地現況資訊。江教授也提到地籍測量委外作業時需考量：(1)

土地面積大小是否適合委外作業，(2)佈設界址點時，對於精度要求是分成絕對精度的要求高，或是相對精度的要求高，(3)土地複丈的項目為何等，建議本計畫參考地籍測量委外作業辦法。此外，除了地形起伏劇烈使測量人員不易到達處外，靠近水道、河邊等容易被河川水流淹沒之區域，如浮覆地，也可優先考量導入 UAV 輔助地籍測量作業。

應用無人飛行載具於地籍測繪作業應依「國土測繪法」、「地籍測量實施規則」、「實施航空測量攝影及遙感探測管理規則」、「民用航空法」及「遙控無人機管理規則」等相關規定擬訂並辦理航空攝影計畫。然現今航空攝影測量技術，及無人飛行載具所使用的設備隨著科技發展日新月異，「地籍測量實施規則」中與航空攝影測量相關的作業準則相較實務執行層面稍有不合時宜。

本計畫整理應用無人飛行載具於地籍測繪之建議及注意事項，主要分為航空攝影計畫、飛航活動申請、航測控制點布設、航拍前置作業、精度評估及作業流程。

一、 航空攝影計畫

1. 無人飛行載具

- (1) 註冊: 依「遙控無人機管理規則」第 6 條規定，向民航局申請遙控無人機註冊，並於註冊完成後，將民航局賦予之註冊號碼標明於遙控無人機上顯著之處後，始得操作(須注意註冊號碼有

效期限為 2 年)。

(2) 種類與性能:

- A. 應因應地形條件及任務需求選擇無人飛行載具之種類，建議選用具有 RTK 功能之無人飛行載具執行航拍作業。
- B. 盡可能選擇搭載高畫素相機，建議選擇 1600 萬畫素以上之相機。

2. 飛航規劃

- (1) 航高: 應配合拍攝區域之地形起伏，使地面解析度達(含)5 公分以內。
- (2) 影像重疊率: 前後重疊率至少達 80 %，側向重疊率至少達 60 %。
- (3) 航線: 依「地籍測量實施規則」第 110 條規定，航線方向為東西向，但得視氣候情形及地形情況而定之，另外也需考量航高限制。
- (4) 拍攝時間:
 - A. 「地籍測量實施規則」第 112 條規定，航空攝影應於天氣晴朗，能見度佳，並於上午十時至下午二時之間實施為原則。
 - B. 「民用航空法」第 99-14 條規定遙控無人機飛航活動不得於日落後至日出前之時間飛航。(檢具相關文書向民航局申請

核准後，可不受限於此規範)

3. 時程規劃: 於航拍作業規劃階段, 整體作業時程應注意航拍活動申請作業及因天候或地形氣流影響任務執行所需的時間, 避免其餘工作項目之進度與品質受到影響。

二、 飛航活動申請

1. 申請實施航空測量攝影: 依「國土測繪法」第 55 條規定, 以測繪為目的執行航空測量攝影須先向中央主管機關(內政部)申請航拍計畫, 並由內政部會同國防部審查與核准。申請文件應符合「實施航空測量攝影及遙感探測管理規則」第 3 條之規定。申請作業時間約需 2 個月工作天。
2. 能力審查: 依「遙控無人機管理規則」第 19 條規定, 操作政府機關(構)、學校或法人所有之遙控無人機者應持有民航局發給之專業操作證。
3. 活動許可
 - (1) 應於申請航拍活動許可前了解作業區域及其週邊範圍有無軍事設施及管制, 並依「遙控無人機管理規則」第 30 條規定, 於飛航活動前向民航局申請飛航活動許可。申請作業時間需約 2 週工作天。
 - (2) 若遙控無人機飛航活動之實際高度可能逾距地面或水面四百呎, 須依「民用航空法」第 99-14 條規定提前向民航局申請許可。

- (3) 若遙控無人機飛航活動範圍涵蓋禁航區、限航區、航空站、飛行場、或涉及軍事航空管理機關(構)管理之區域四周之一定距離，須依「遙控無人機管理規則」第 31 條規定前提出申請，報請民航局會商目的事業主管機關同意；若是於直轄市、縣(市)政府公告之禁止、限制區域內從事遙控無人機飛航活動，則須報請直轄市、縣(市)政府會商相關中央主管機關同意。
- (4) 若於人群聚集或室外集會遊行上空進行飛航活動，應依「無人機管理規則」第 32 條規定檢附直轄市、縣(市)政府及相關中央主管機關同意文件向民航局申請許可，並於每次活動前、後於指定時間內至民航局指定資訊系統登錄飛航資訊。

三、 航測控制點布設

航測標布設作業依「地籍測量實施規則」及內政部「一千分之一數值航測地形圖測製作業規定」為辦理原則，並依實際作業項目與地點選擇航測控制點之點位、分布、航測標尺寸及布設方式等。

1. 布設航測標應優先採用「地籍測量實施規則」第 107 條所列之點位。
2. 航測標應優先布設於：(a)目標明顯、(b)不易變動、(c)地面牢固之平坦地面、(d)耐久及地面顏色分明、(e)人車可抵達、(f)透空度良好之處，且避免設置於陰影或高樓、大樹等障礙物旁。若航測標位於對空通視不良或航測標布設困難之點位，得於附近地點選補助點，並

布設航測標。

3. 控制點之分布，視空中三角測量之需要定之，應適合空中三角區域平差之要求。
4. 空標之尺寸應配合航高、航拍影像之對地解析度及測圖精度等條件之考量，以空中三角測量及立體測圖作業時可清楚辨認為原則。中心標在影像上尺寸應介於 2 個至 4 個像素(pixel)之間。
5. 航測標設置完成後，需依據控制測量成果之坐標資訊，將點位相關內容，例如:日期、點號、點名、點位控制種類、點位說明、空標樣式、位置略圖、坐標成果、測設單位、作業人員及點位照片等資訊，紀錄於「航測地面控制點點位調查表」。

四、 航拍前置作業

1. 從事遙控無人機飛航活動前，應依「遙控無人機管理規則」第 26 條規定考量操作環境、通訊信號、天氣狀況等。
2. 遙控無人機設備:
無人機攝影系統校正作業依內政部「一千分之一數值航測地形圖測製作業規定」及「遙控無人機管理規則」為辦理原則。
 - (1) 應提出航空攝影機最近五年內檢定報告及合格證明書。
 - (2) 數位航空攝影機檢定項目至少包含幾何率定(像主點、透鏡畸變差)、CCD 幾何位置精度、輻射率定(相機靈敏度(Sensitivity)、光

圈校正、線性度(Sensor Linearity)、雜訊、缺陷像元(Defect Pixel Recognition))、調制轉換函數(Modulation Transfer Function, MTF)、像素光譜反應特性曲線等檢定項目。

- (3) 執行航拍任務前須確保無人飛行載具之電量及記憶卡容量等。
- (4) 依「遙控無人機管理規則」第 25 條規定，無人飛行載具之操作人從事遙控無人機飛航活動前，應依遙控無人機製造者所提供之維修指引對遙控無人機系統進行檢查，符合安全飛航條件後始得活動。

五、 執行航拍任務:

每次航拍任務結束後，任務執行單位須填寫航拍任務紀錄表，記錄航拍日期、天氣狀況、風向、風級、飛航方向、飛行時間等任務執行狀況。

六、 航測成果精度評估

1. 以航測法辦理戶地測量之成果應符合「地籍測量實施規則」第 73 至 76 條規定。
2. 精度評估時，界址點於正射影像上不易辨認，故建議現況量測點位選擇容易辨識之水泥樁或路溝交界處等。

七、 作業流程

1. 地籍測量作業流程:

應用無人飛行載具於輔助地籍圖重測時，建議可在地籍調查前先以

無人飛行載具產生正射影像執行初步測量，改善地籍測量規劃作業。

(1) 地籍調查:

- A. 於山區或不易到達處指界時，建議使用正射影像與數值高程模型進行數位指界(虛擬指界)。
- B. 於地籍調查階段加入正射影像於地籍調查表，提供土地現況資訊。
- C. 建議在數化地籍調查成果時加入正射影像與光達點雲資料獲取之三維坐標，有助於推動未來動態地籍調查表。
- D. 若正射影像上的現行構造物校正不完全，會造成構造物在正射影像上面扭曲，故建議在數化地籍調查成果時，應於正射影像產生之立體像對上做量測。

2. 無人飛行載具航拍產製正射影像作業流程如圖 4.2-18。

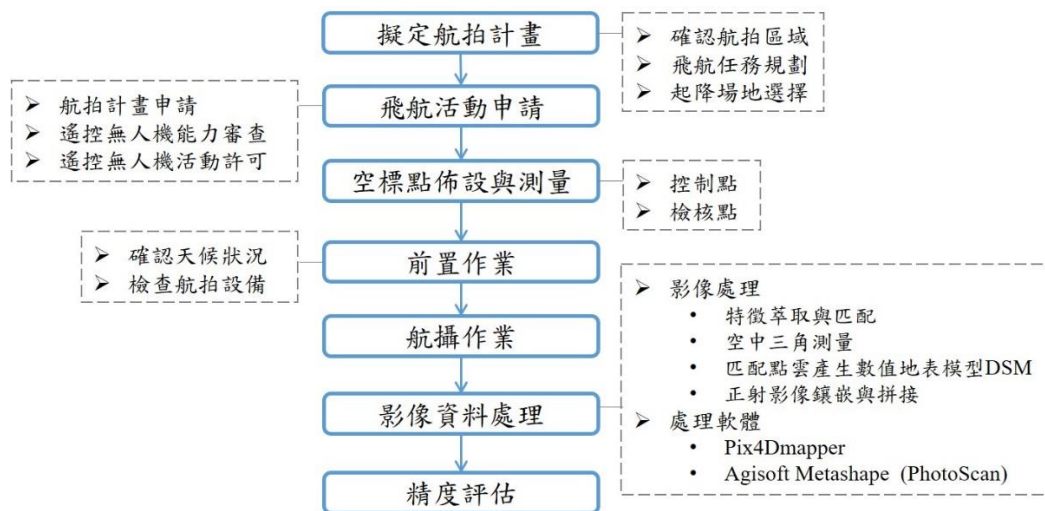


圖 4.2-18、UAV 航拍產製正射影像作業流程

UAV 航拍產製正射影像以輔助地籍測繪作業的第一步為擬定航拍計畫，計畫內容包括確認航拍區域、規劃飛航路線，及選擇起降場地，其中飛航路線規劃需詳列以下資訊：UAV 類型與機種、安全性設定、飛行路徑、航帶數、飛行速度、飛行時間計算、相片前後與側向重疊率、相片數量、航高、地面解析度(GSD)等。第二步為飛航活動申請，按國土測繪法辦理航拍計畫申請作業應向內政部申請核准並會同國防部審查。計畫核准後再依遙控無人機管理規則規定，向交通部民用航空局申請遙控 UAV 飛航活動能力審查及飛航活動許可，方能從事 UAV 空拍作業。第三步為空標點佈設與測量，空標點包含控制點與檢核點，點位佈設通常選擇固定地物，直角交界且平坦，通視良好，透空度佳之處，減少誤判點位或是被地物遮蔽等狀況發生。第四步為前置作業，執行航空攝影任務前須考量操作環境，確認通訊信號及天候條件符合航拍需求，如果遇到風力變化量達 10 節、陣風超過 20 節、跑道與風向之側風夾角超過 45 度、雨天或颱風天等天候條件，不建議執行任務(經緯航太科技股份有限公司，2017)。另外，航拍前應依 UAV 飛行前檢查卡檢查航拍設備外，還需注意 UAV 電力、相機記憶卡容量等。第五步為依照計畫執行航拍作業，第六步為影像資料處理，目前影像處理作業軟體大多選用 Pix4Dmapper 或 Agisoft 等商業軟體，處理項目與流程依序為特徵萃取與匹配、空中三角測量、匹配點雲產生 DSM、正射影像鑲嵌與拼接。最後一步為精度評估，比較地面測量成果與航拍正射影像上控制

及檢核點之平面差距，確保航測成果符合地籍測量實施規則對戶地測量成果精度之規範。

4.3 衛星與航遙測影像智慧分析、辨識與製圖防災整合應用案例試辦

4.3.1 雷達衛星影像地表形變分析之試辦，至少包含全臺灣 C-波段多時期雷達影像，及選定之災害潛勢區域 L-波段與 X-波段雷達影像；前述潛勢區域之試辦須選定至少 2 處，並與內政部討論定案，任 1 處之試辦面積須達 100 平方公里以上，且運用包含(或優於) 3 公尺解析度之影像在內進行分析

本項工作本(109)年度以影像分析與處理為主，未來規劃逐步建立影像處理之參數數據庫與經驗，以供後續人工智慧參數學習之基礎，同時亦逐步建立臺灣各地的初步變形分析圖資。

雷達衛星影像應用分為兩個部分進行，第一部分為全臺灣多時期變形監測試辦，規劃利用歐洲太空總署(European Space Agency, ESA)發射之 C 波段雷達衛星 Sentinel-1 所拍攝之影像來進行分析。Sentinel-1 衛星為歐洲太空總署哥白尼計劃(Copernicus Programme)的衛星任務之一，該計畫預計發射多顆地球觀測衛星，組成全球環境監測網路，提供全球環境保護、海洋觀測、歐洲政策、民間防禦、維和行動等用途。Sentinel-1 為該計畫之首顆資源衛星，由 A/B 兩顆衛星構成星系，提供最高 6 天的再訪周期，優異

的 C 波段雷達感測器能提供最高五米的空間解析度與寬達 400 公里的幅寬，相當適合用作大範圍的地表監測用途。Sentinel-1A 於 2014 年 4 月發射成功，2014 年 10 月開始提供涵蓋臺灣地區之影像，Sentinel-1B 亦於 2016 年 4 月發射成功，由於 1B 觀測目標區規劃與 1A 不同，因此於臺灣地區僅拍攝北部之影像，故涵蓋全臺灣的變形監測僅能以 Sentinel-1A 影像進行。

本節之全臺灣多時期變形監測試辦採用雷達差分干涉技術來產生多時序的地表變形成果，技術細節與影像處理流程參照 4.1.1 節說明，蒐集自 2016 年至 2018 年全臺灣共 61 張之 Sentinel-1 影像，完成三年期間之全臺灣 PSInSAR 相對變形速度觀測成果，見圖 4.3-1，圖中數值為衛星視角方向 (Line of sight, LOS) 之平均變形速度，負值以藍色表示，代表地表相對下沉；正值以紅色表示，代表地表相對抬升，需注意 LOS 方向變形速度成果同時受到水平與垂直變形速度影響，因此 LOS 成果無法分離出水平與垂直變形量，每個 PS 像素皆為具有 61 期觀測值之獨立資料，配合軟體處理即能分析出三年期間變形之時間序列。成果可見自 2016 年至 2018 年三年期間全臺灣地表變形狀況，其中以雲林地區之地層下陷、2016 年高雄美濃地震與 2018 年花蓮地震產生的地變形狀況最為顯著，雲林地區之地層下陷速率測得每年下陷約 5 公分，而地震事件屬於瞬間發生的事件型地表變形，平均變形速率並不能直接代表該處的變形狀況，必須直接觀察事件發生前後的變形量，而根據本試辦之成果，兩地震事件皆產生約 15 公分的地表變形。

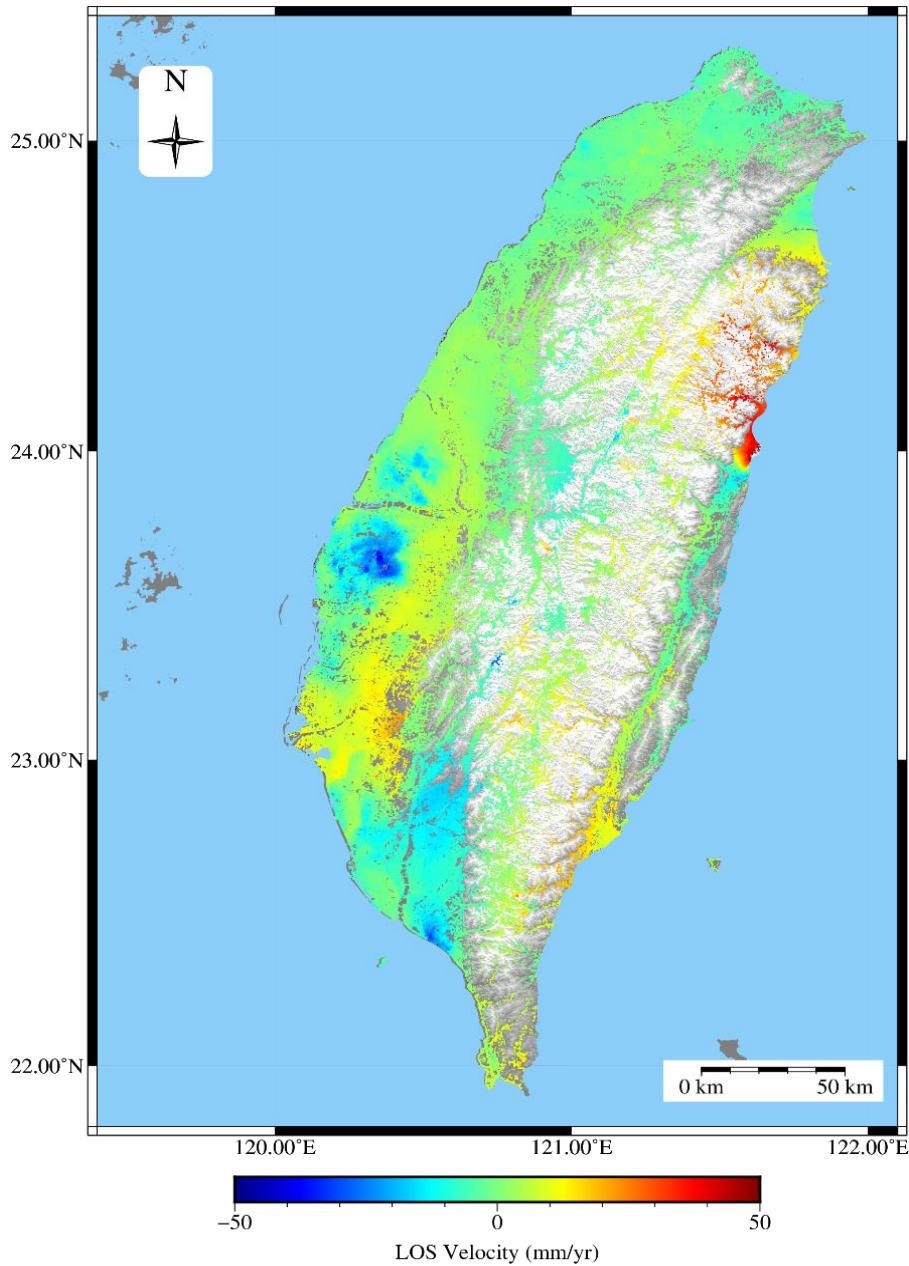


圖 4.3-1、全臺灣多時期變形監測試辦成果

X 波段多時期雷達影像地表變形試辦

第二階段為選定之災害潛勢區監測，X 波段之雷達衛星規劃採用德國太空總署(DLR)發射之超高解析度 X 波段雷達衛星 TerraSAR-X 所拍攝之影像，目前 TerraSAR-X 系列衛星共有 3 顆衛星，TerraSAR-X 於 2007 年發射，

二號衛星 TanDEM-X 於 2010 年發射，而第三顆衛星 PAZ 也於 2018 年升空，三顆衛星皆由法國空中巴士公司 (Airbus) 負責營運，提供最高 11 天的再訪周期，TerraSAR-X 衛星能夠採用特殊的 Staring Spotlight 模式進行拍攝，於該拍攝模式下解析度高達 25 公分，但該模式拍攝範圍僅 4x4 公里，適合特定目標之觀測，而大範圍的地表變形監測通常採用 StripMap 拍攝模式，該模式之地面解析度為 3 公尺，雖低於 Staring Spotlight 但具有 50 公里的幅寬，TerraSAR-X 詳細拍攝規格見表 4.3-1。

表 4.3-1、TerraSAR-X 拍攝模式列表

拍攝模式	像幅大小 (寬 x 長)	解析度
Staring Spotlight	4 x 3.7 km ²	0.25 公尺
High Resolution Spotlight	10 x 5 km ²	1 公尺
Spotlight	10 x 10 km ²	2 公尺
StripMap	30 x 50 km ²	3 公尺
ScanSAR	100 x 150 km ²	18.5 公尺
Wide ScanSAR	270 x 200 km ²	40 公尺

試辦區選定為臺灣中部彰化雲林之地層下陷災害潛勢區，由於高鐵通過該區域，對於營運時速高達 300 公里/小時之高鐵系統而言，些微的軌道或結構變化都可能對行車構成威脅。本案例採用 TerraSAR-X 影像共 24 張，軌道方向為降軌，觀測時間為 2014 年 8 月至 2016 年 3 月，主影像拍攝時間為 2015 年 5 月 20 日。本案例使用之資料具有 3 公尺之地面解析度，較 Sentinel-1 影像之 20 公尺解析度來的高，能更有效地呈現地表與結構詳細的變形狀態，非常適合用於結構物之觀測。

X 波段多時期雷達影像地表變形試辦成果見圖 4.3-2，底圖為數值地形模型，白色線為高鐵之路線，暖色系代表於衛星視角方向地表呈現抬升，冷色系為下沉。為比較 TerraSAR-X 與 Sentinel-1 觀測成果上的差異，在此自前一小節之全台 PSInSAR 多時期試辦成果中擷取同一區域來進行比較，見圖 4.3-3，大範圍之觀測成果已可發現兩衛星於地物細節略有不同，在擷取區域之變形觀測成果見圖 4.3-4、圖 4.3-5，由圖可見受惠於 X 波段對結構的敏感度與較高的解析能力，TerraSAR-X 衛星影像可以在道路、橋樑、結構等處獲得更多細節。

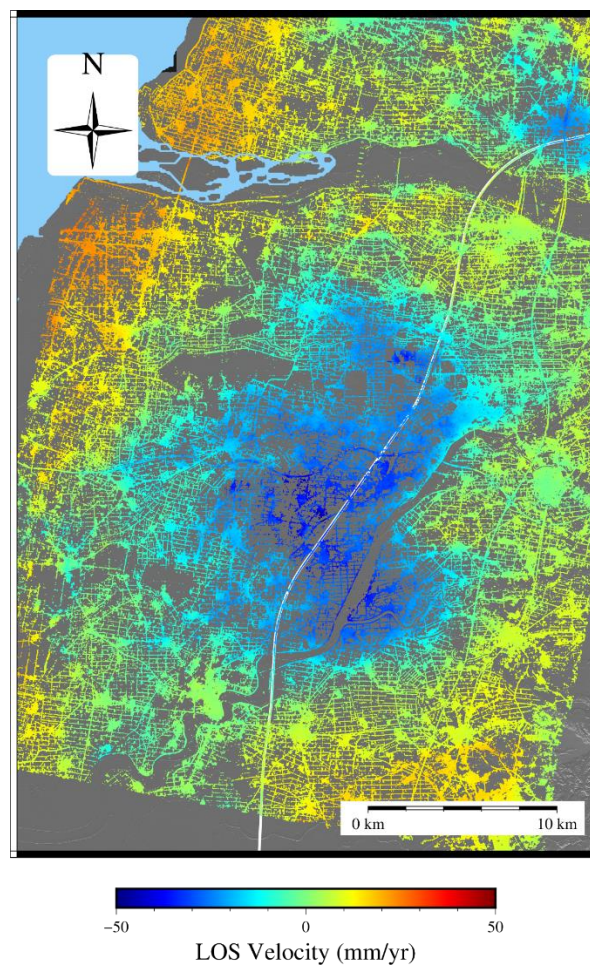


圖 4.3-2、彰化雲林地層下陷變形監測試辦成果

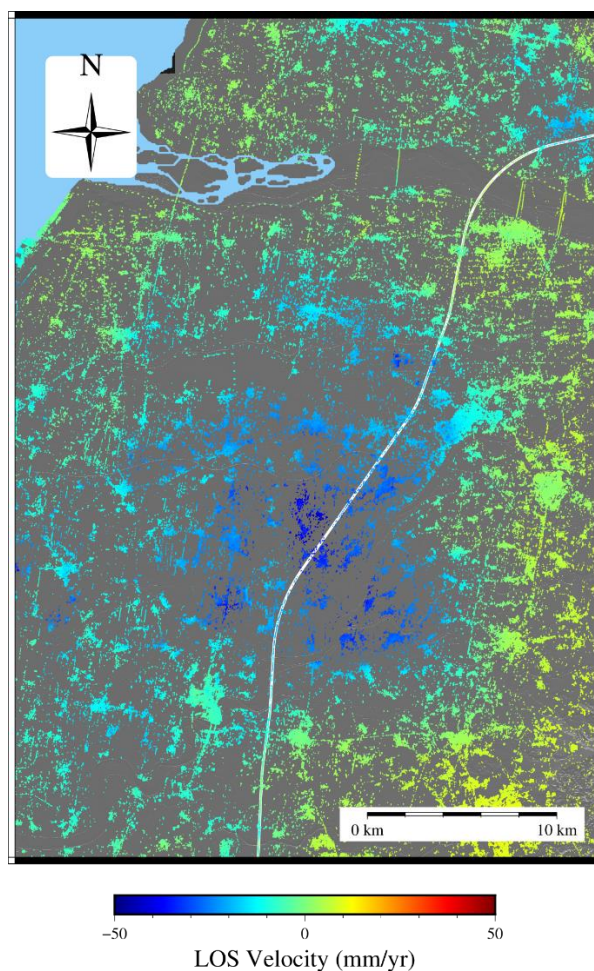


圖 4.3-3、全台變形監測試辦成果－彰化雲林

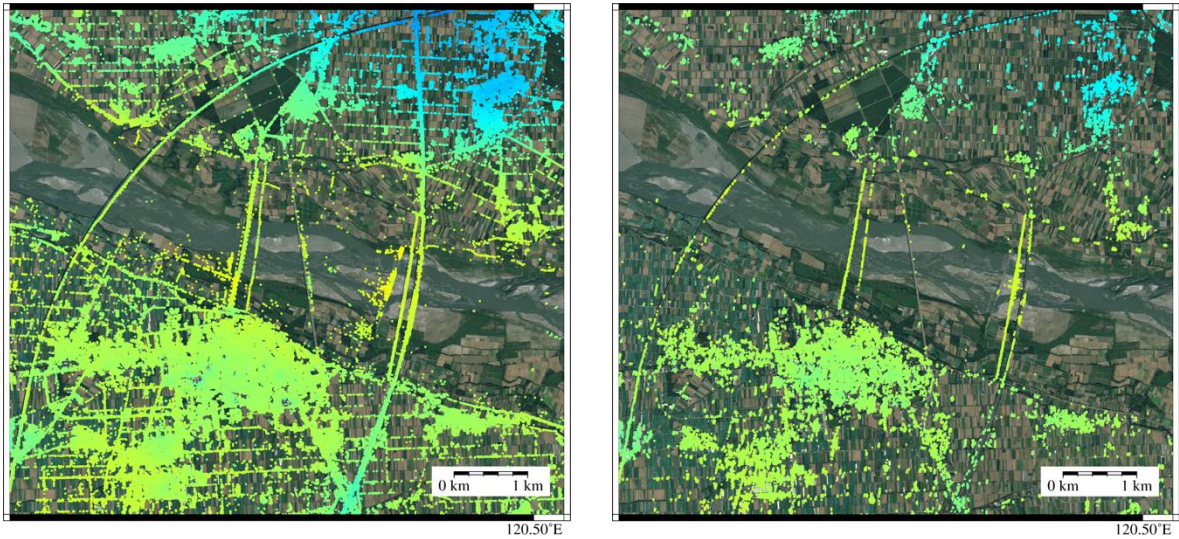


TerraSAR-X 年平均速度成果



Sentinel-1 年平均速度成果

圖 4.3-4、彰化雲林地層下陷變形監測試辦成果－雲林虎尾區域



TerraSAR-X 年平均速度成果

Sentinel-1 年平均速度成果

圖 4.3-5、全台變形監測試辦成果－濁水溪橋樑

永久散射體雷達差分技術之優勢在於能自多時期雷達影像中萃取出長時間的變形趨勢，並測得累積變形量，以本試辦區沉陷狀況最為嚴重的雲林虎尾地區為例，變形年平均速度與變形時間序列見圖 4.3-6，由成果可以得知下陷最為嚴重的位置位於中科虎尾園區，觀測之一年半期間測得之總沉陷量約 50mm，而雲林高鐵站南北也測得 30~40mm 不等的沉陷量。

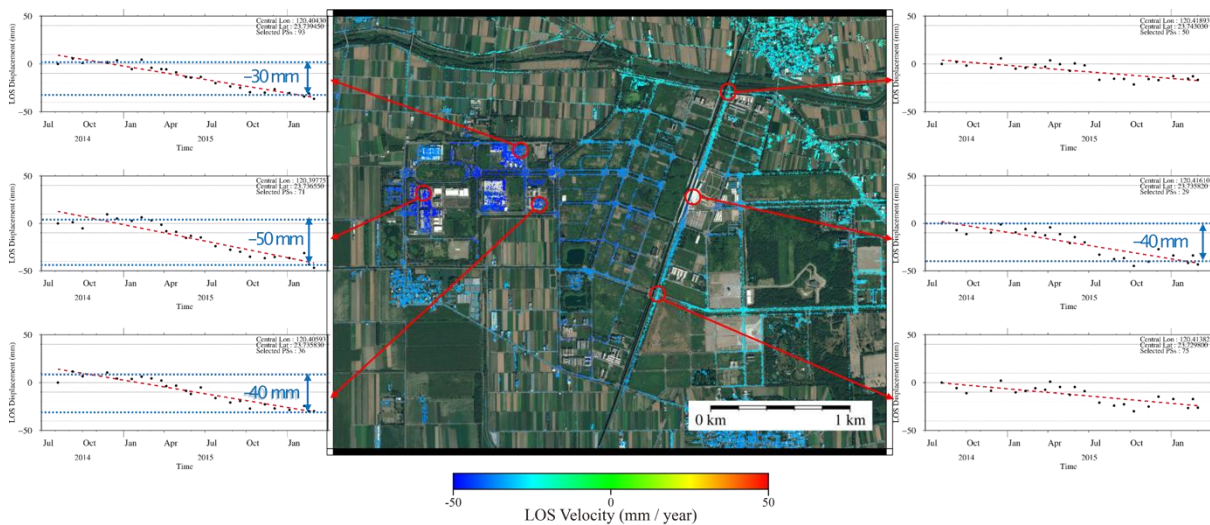


圖 4.3-6、雲林虎尾區域變形分析成果

L 波段多時期雷達影像地表變形試辦

本節說明 L 波段之雷達影像之地表變形試辦，採用日本太空總署發射之雷達遙測資源衛星 ALOS-2 拍攝之影像，ALOS-2 衛星全名為進階地表觀測衛星(Advanced Land Observing Satellite)，為日本地球觀測衛星計畫中，負責針對陸地區域進行觀測的衛星，其主要工作為製圖、環境監測、災害監測及自然資源調查等。第一代 ALOS 衛星於 2007 年升空運行，2011 年除役，而目前運行中的 ALOS-2 為該計畫之第二代遙測資源衛星，於 2014 年升空，配備的 L 波段雷達感測器 PALSAR-2 改良自 ALOS 搭載之 PALSAR，具備最高 1 公尺的地面解析度，並且可以使用更多元的拍攝模式進行觀測，詳細之拍攝模式參數見表 4.3-2，衛星再訪週期為 14 天。L 波段雷達之波長約 30 公分，相較於短波長之 C、X 波段，L 波段具有穿透植被冠層的潛力，見圖 4.3-7，因此常被用於較多植被覆蓋區域的觀測任務。

表 4.3-2、ALOS-2 拍攝模式列表

拍攝模式	像幅大小 (寬 x 長)	解析度
Spotlight	25 x 25 km ²	1 公尺
Ultra-Fine StripMap	55 x 70 km ²	3 公尺
High-Sensitive StripMap	55 x 70 km ²	4.3 公尺
Fine StripMap	70 x 70 km ²	5.3 公尺
ScanSAR	350.5 x 355 km ²	77.7 公尺
ScanSAR Wide	489.5 x 355 km ²	112 公尺

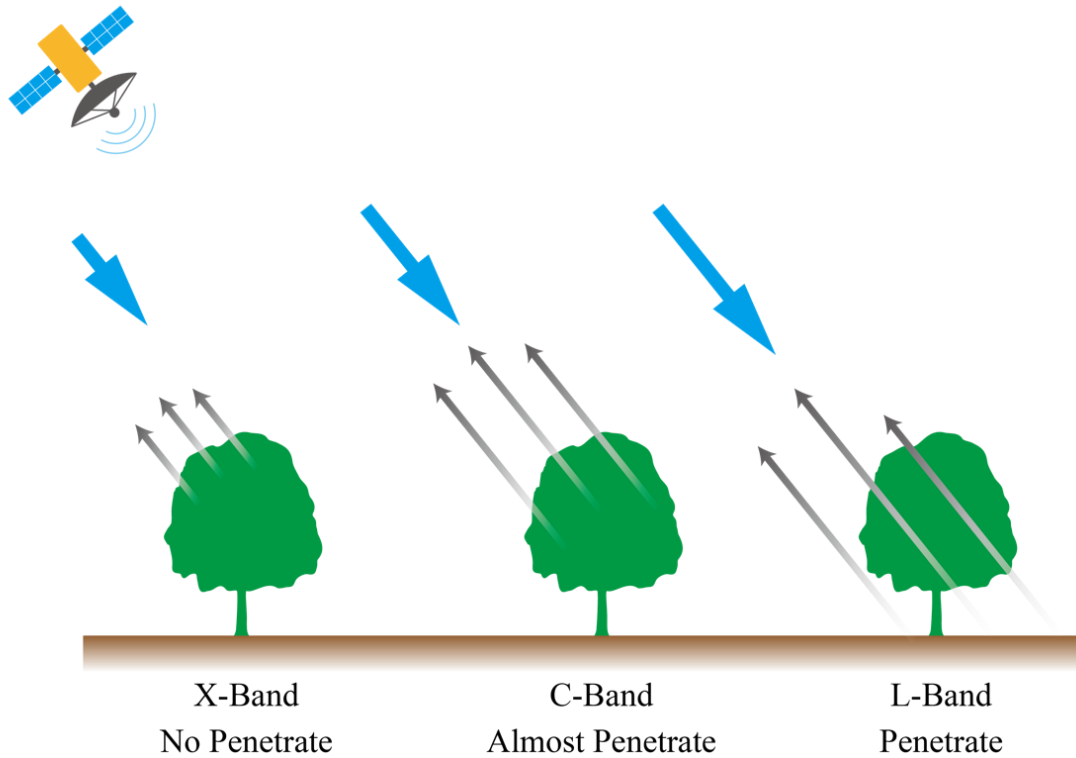


圖 4.3-7、不同波段雷達波之穿透能力示意圖

本計畫選定試辦區域為花蓮地區，利用 2016 年 11 月 5 日與 2018 年 2 月 10 日兩張雷達影像組成之影像對觀測 2018 年 2 月 6 日之花蓮地震事件造成的地表變形，成果見圖 4.3-8，暖色系代表於衛星視角方向地表呈現抬升，冷色系為下沉，由成果可見 2018 年花蓮地震之地表變形主要以米崙斷層為分界，東側以抬升為主，變形量達 150mm。

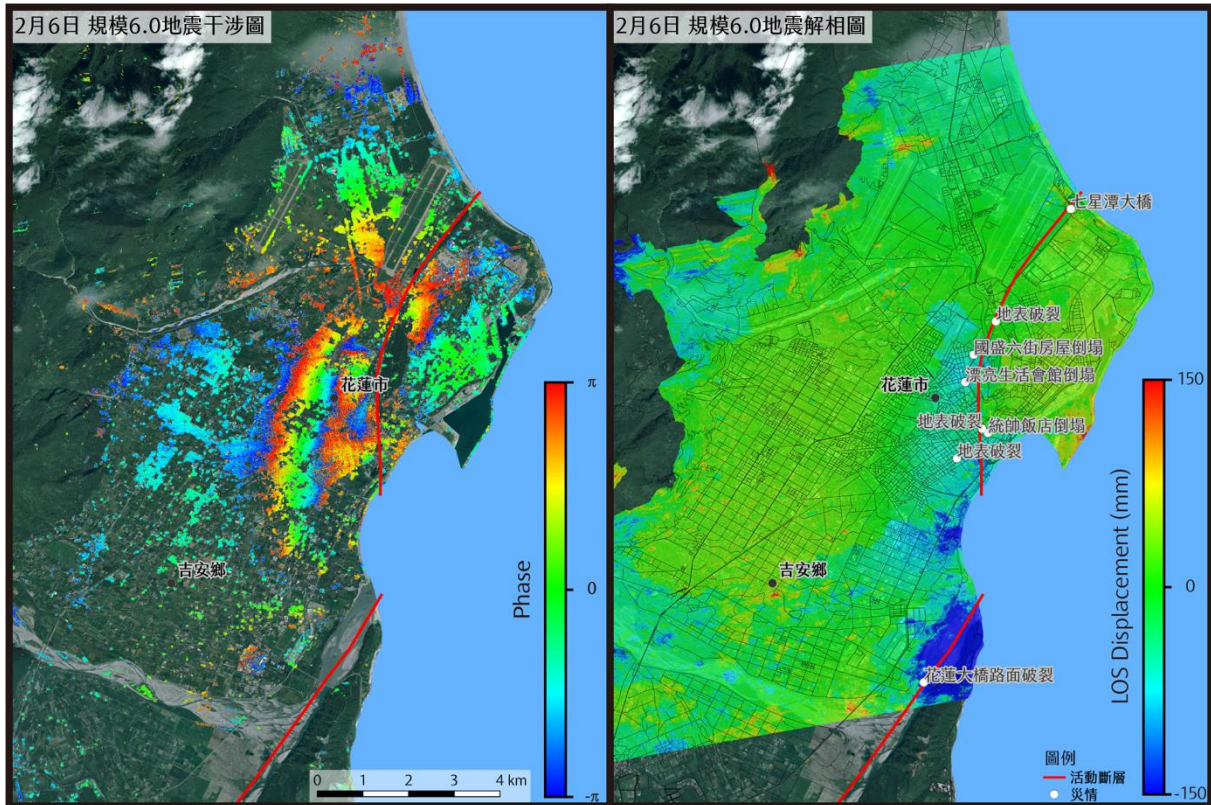


圖 4.3-8、L 波段 ALOS-2 花蓮地震觀測成果

SAR 影像之差分干涉技術基於對相位差的計算，而若訊號相關性降低甚至消失時，將嚴重影響地表變形計算的精準度，而相關性又受到雜訊、天候狀態、時間基線與空間基線的影響。空間基線為兩次拍攝時衛星位置的差距，而時間基線則是兩次拍攝的時間差，一般而言時間基線越大將使得兩次影像拍攝之間的相位變化越大，相關性因而降低，不利於干涉成果的生成與變形量的計算。本次 L 波段試辦採用兩張影像之時間差超過一年以上，相關性已有下降的趨勢，僅都會區能勉強生成干涉成果，對照由 Sentinel-1 產生的差分干涉成果，見圖 4.3-9，Sentinel-1 雖然解析度較低，但其 6 天再訪的優勢能有效減少時間基線過長造成的相關性降低的問題，

因此觀測成果亦較 ALOS-2 之成果更為精準可靠。

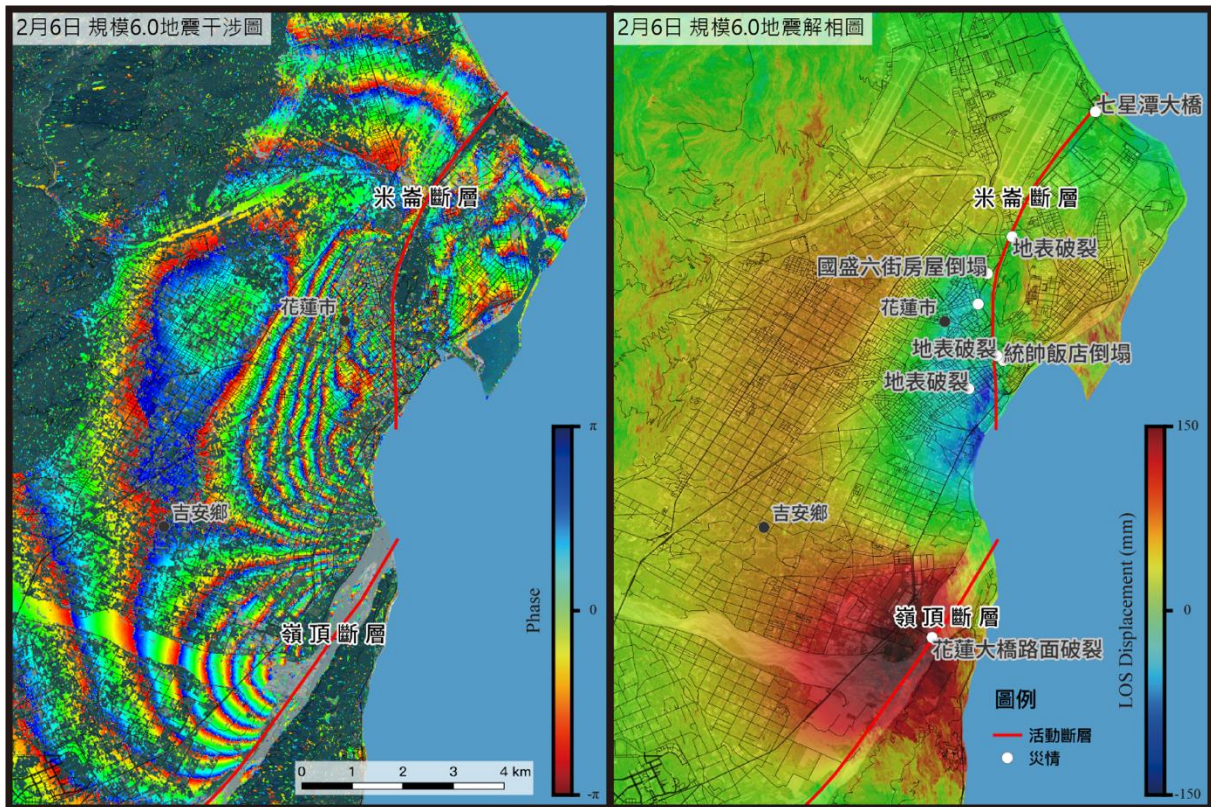


圖 4.3-9、Sentinel-1 花蓮地震觀測成果

免費的 Sentinel-1 衛星影像受限於解析度，地表觀測能力相當受限，而高解析度雷達衛星影像皆需要另外進行訂購，商用衛星平台需要有訂單才會進行拍攝，因此若要使用高解析度的雷達影像對臺灣地區進行長時間的地表變形監測，建議必須定期訂購拍攝全臺灣之雷達影像，拍攝週期以 1 到 2 個月一次為佳，如此方能應付長時間的地表變形監測需求，亦能應對突發之地震、山崩、海嘯等災害事件。

4.3.2 航遙測影像分析與辨識之結果，須與相關應用平台進行整合試辦，其試辦方案須與內政部討論後辦理

本項工作主要目標為使用 Google Earth Engine(GEE)雲端應用平台進行應用案例試辦。本(109)年度預期達成目標是以 GEE 進行時序植生指標分析山區地質敏感區崩塌復育狀況之應用分析、多光譜衛星影像進行地物場景分類。本年度具體成果是完成驗證使用時序植生指標進行植被復育分析之應用；驗證以 GEE 多光譜衛星影像進行地物場景分類之可行性。未來規劃以 GEE 雲端應用平台發展加值應用。

本項工作包含兩個應用試辦主題：(1)使用 Google Earth Engine(GEE)雲端應用平台進行坡地防災監測，使用 4.3 節發展之人工智慧航遙測影像辨識技術成果及 GEE 雲端應用平台進行坡地植生復育監測。坡地防災亦為交大防災中心的核心研究主題之一，因此本項應用亦整合交大防災中心之研究專長，以介接及試辦本計畫發展之技術的應用性。(2)使用 GEE 雲端應用平台結合 4.2.3 節發展之人工智慧航遙測影像辨識技術進行地物分類。

(1)以 GEE 進行時序植生指標分析地質敏感區崩塌復育狀況之應用分析。

光學航遙測影像應用於坡地崩塌風險評估、監測及模型推估，可使用各項植生指標尋找坡地崩塌位置，例如正規化植被指數(Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) (黃文彥, 2015、葉彥駒, 2018)、綠度指標(Greenness Index, GI)及亮度指標(Brightness Index, BI)(衛強, 2006)等。受

惠於科技與大數據發展，目前有許多衛星影像開放資料，面對數量龐大且複雜的資料來源，本計畫發展人工智慧技術處理不同資料集且龐大的資料。透過航遙測影像分類與辨識技術，便能得知地表覆蓋狀況，進而找出裸露地進行坡地崩塌分析。曾經歷大規模山崩的區域，由於地質條件弱化且植被不易復育，有相當高的機率會重複發生崩塌（陳棋炫等, 2017）。進行監測以確切了解崩塌位置與規模，有助於減少崩塌災害再度發生，因此，本計畫選定坡地防災為應用試辦主題。

為了與坡地防災應用結合，本項工作規劃在 GEE 雲端開放平台進行試辦。政府現有的空間資訊應用平台，例如水保局 BigGIS 已有基礎展示功能並提供多種衛星影像與地圖。GEE 是 Google 提供雲端計算服務與儲存空間的進階空間資訊應用平台，使用者可以直接以程式撰寫時序分析、數據製圖與製表、像素資訊統計等功能。該平台蒐集長時期遙測衛星開放資料(例：Landsat-5、Landsat-8、Sentinel-2 產品) 與各研究單位提供航遙測影像分析產品(例：森林覆蓋圖、全球地形圖、全球降水統計圖等)，有利於本工項進行多組時間、多組衛星影像及多種資訊針對多目標區域整合分析崩塌區的變遷，評估未來再度崩塌的風險，進行有效的坡地防災管理。因此本計畫的核心工作項目如下：(1)資料匯整，研究中整合航測影像、向量資料及雲端應用平台的長時期開放衛星影像，以資料集(Dataset)的方式匯整在平台中；(2)資訊整合應用，以航測影像深度學習自動化辨識植生及裸露地區域，

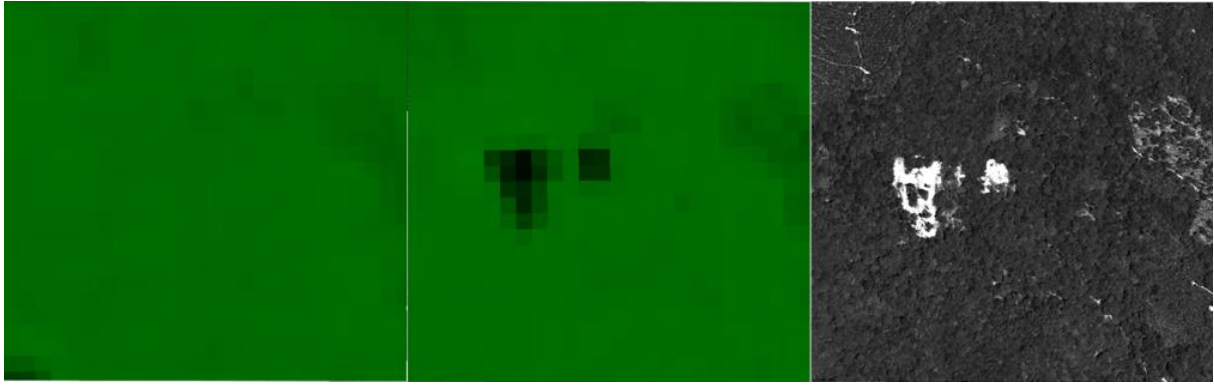
經由前後期 PIV 地表形變偵測技術取得位移趨勢，最終鎖定潛勢區域，在雲端應用平台進行時序影像分析，以掌握坡地歷史資料的時序變化。

目前已經有許多使用 GEE 做為應用平台的專案，例如 Global Forest Change (Hansen et al., 2013)、Global Surface Water Change (Pekel et al., 2016) 與 Map of Life (Jetz et al., 2012) 都是使用長時期遙測衛星開放資料進行全球尺度監測關注的議題；而另一種應用方式像是 Climate Engine (Huntington et al., 2017) 提供使用者互動式操作介面，選取分析區域與所需資料及日期，就能針對氣候變遷議題製作主題地圖並視覺化展示。以下為 GEE 應用平台專案比較(表 4.3-3)。

表 4.3-3、現有 GEE 應用平台專案比較

GEE 應用平台專案	關注議題	應用方式
Global Forest Change	全球森林變化	展示時序分析結果圖
Global Surface Water Change	全球地表水變化	展示時序分析結果圖
Map of Life	全球生物分布	點選地區展示分析結果與圖表
Climate Engine	氣候變遷	互動式操作產生主題地圖與圖表

本項工作選定之平台為 Google Earth Engine(GEE)，坡地防災應用平台選定之測試區域為花蓮瑞穗鄉山區(如圖 4.3-10)，測試區約為 400 公尺長及 500 公尺寬，測試區中涵蓋一處崩塌地。



(a)崩塌前衛星影像植生指標 (b)崩塌後衛星影像植生指標 (c)崩塌後航測影像

圖 4.3-10、坡地防災測試區

本計畫已彙整完應用分析平台所需資料，彙整的資料包括在 4.2.1 以光學影像產製變形向量場(圖 4.3-11)、崩塌前後航拍影像(圖 4.3-12)、Landsat-8 衛星地表反射影像(圖 4.3-13)、Landsat-7 衛星地表反射影像(圖 4.3-14)、Sentinel-2 衛星地表反射影像(圖 4.3-15)，前述衛星影像都經過含雲量篩選，以避免雲層干擾後續分析，而 Sentinel-2 衛星由於開始服務的時間較晚，試辦區域直到 2016 年 7 月才有影像產品。所有彙整資料均已整合在單一平台，且已具備圖層套疊、坐標(經緯度)量測、反射值量測等整合應用功能。

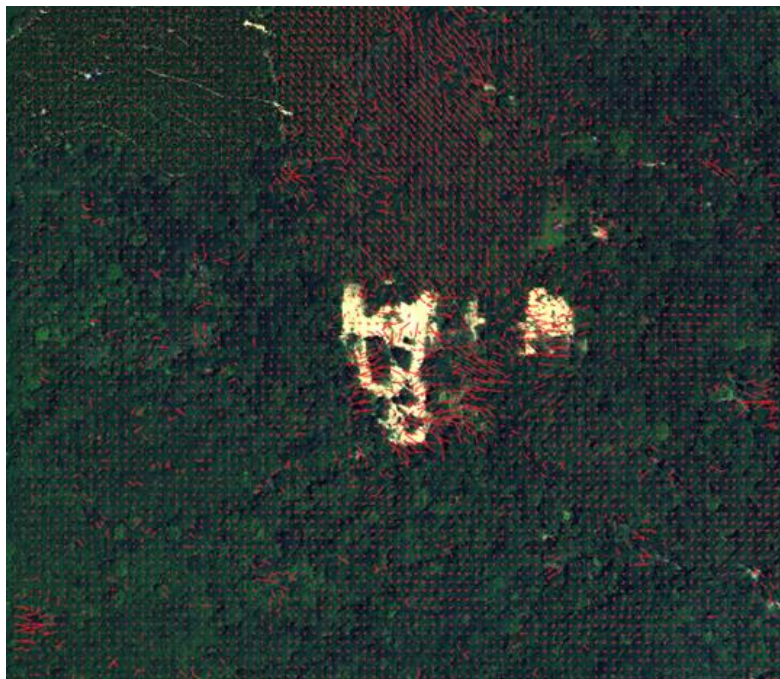


圖 4.3-11、光學影像產製變形向量場



圖 4.3-12、崩塌前(左)後(右)航拍影像

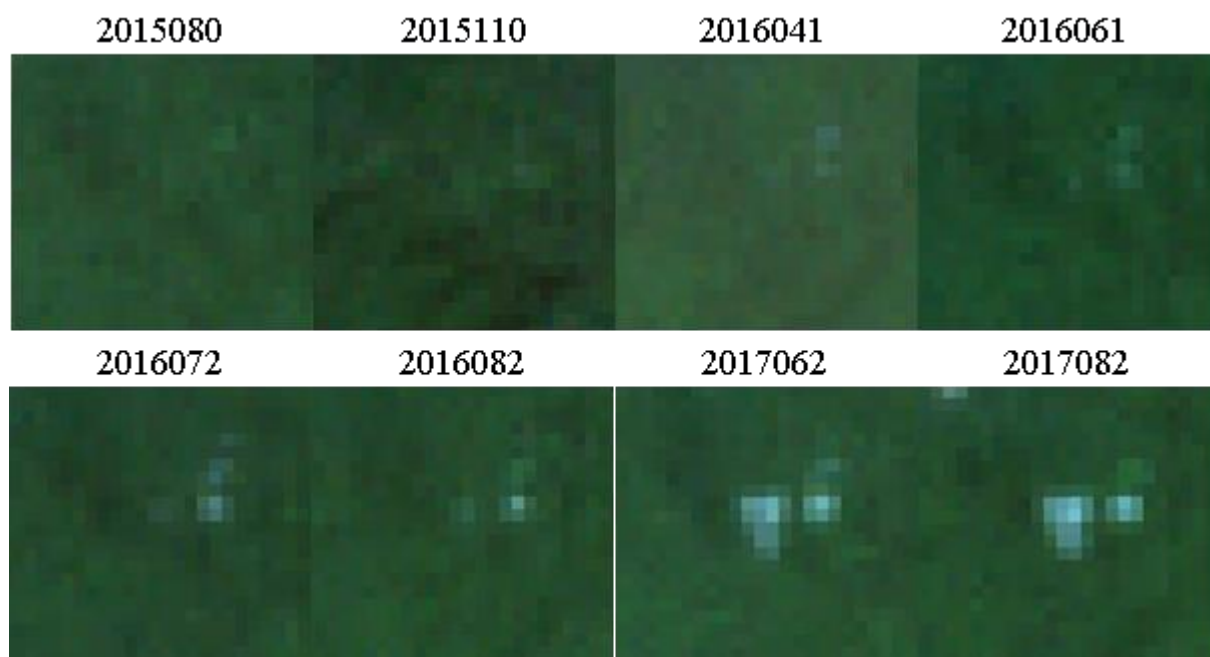


圖 4.3-13、展示 Landsat 8 衛星時間範圍內低含雲量影像

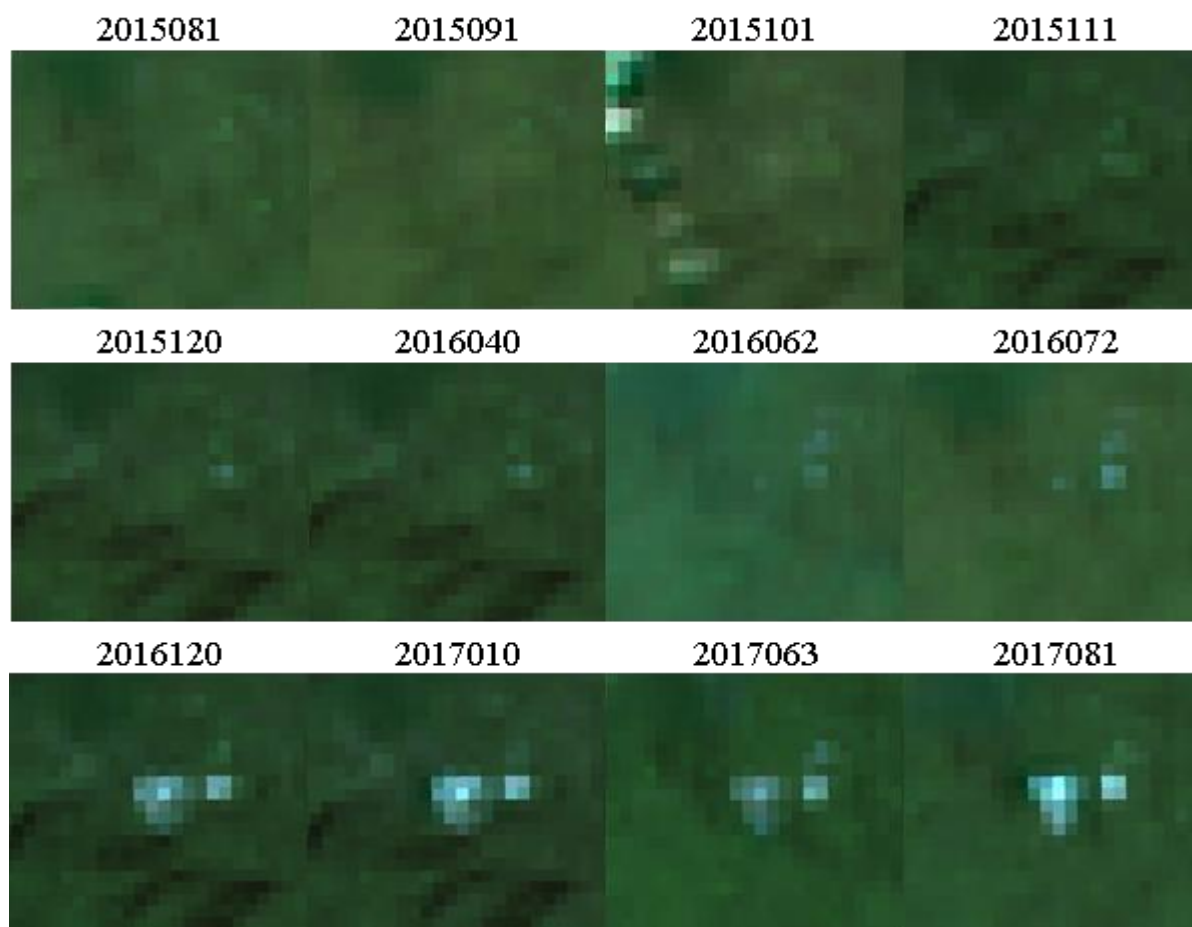


圖 4.3-14、展示 Landsat 7 衛星時間範圍內低含雲量影像



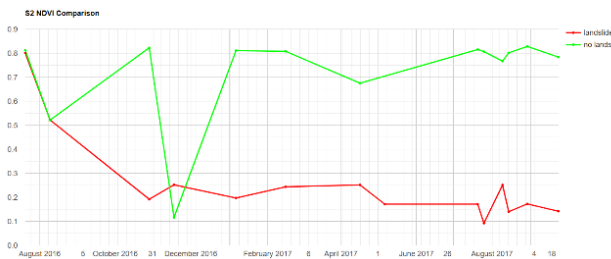
圖 4.3-15、展示 Sentinel 2 衛星時間範圍內低含雲量影像

崩塌地區可以進一步進行影像像素等級(Pixel-level)NDVI 數值監測，利用 NDVI 時間序列資訊找出崩塌發生的時間，並在災後持續監測植被復育狀況。由於 NDVI 數值會受到天氣與季節影響，進行比較時會選擇有崩塌點與無崩塌點相互對照 NDVI 時序變化(圖 4.3-16)。

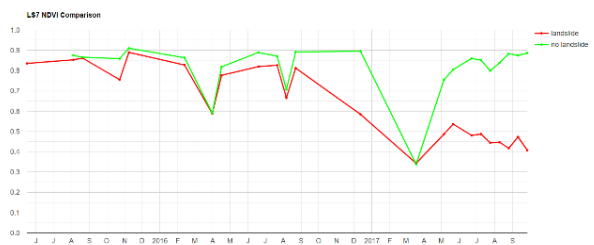


圖 4.3-16、在 GEE 平台上觀測有崩塌點及無崩塌點之變化

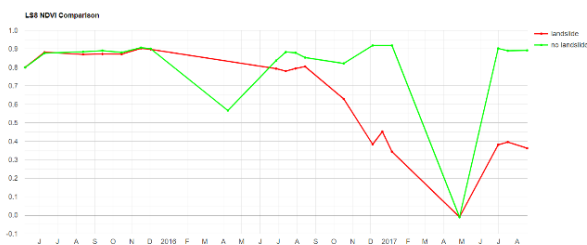
時序分析時間為 2015 年 5 月至 2017 年 9 月，採用三種衛星系的衛星影像產品，第一種為 Terra 衛星的 MODIS 感測器 Enhanced Vegetation Indices(EVI)及 NDVI 產品，是由多組影像處理成時間解析度 16 天，空間解析度 250m 之產品；第二種為 Sentinel-2 的 MSI 感測器影像，由於地表反射值影像(Level-2A)在此時間段並沒有供應，因此採用空間解析度為 10m 的 Level-1C 影像；第三種為 Landsat-7 及 Landsat-8 地表反射值影像，時間解析度為 16 天，空間解析度為 30m。分析成果如圖 4.3-17 所示，除了 MODIS EVI 及 NDVI 時間序列比較沒有辦法看出明確第一次崩塌發生時間，其餘的 NDVI 時間序列顯示在 2016 年底左右有崩塌點相較無崩塌點，NDVI 值快速下降。



(a) Sentinel-2 1-C 影像



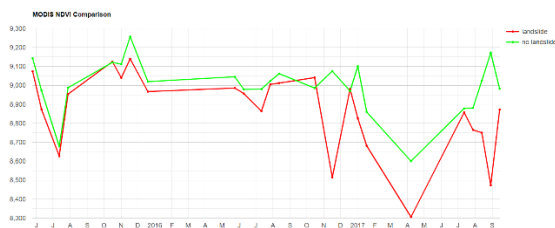
(b) Landsat-7 影像



(c) Landsat-8 影像



(d) MODIS EVI 影像產品



(e)MODIS NDVI 影像產品

圖 4.3-17、NDVI 時間序列比較(紅:有崩塌點，綠:無崩塌點)

為進行長時間的植被復育分析，時序分析時間延長為 2015 年 5 月至 2020 年 9 月(圖 4.3-18)，Landsat 及 Sentinel-2 的時序植生指標顯示崩塌後的植生指標並沒有緩慢提升，代表該崩塌地植被復育狀況不佳。此外，由於 MODIS 產品的空間解析度為 250m，受空間解析度之限制，在崩塌地面積小於 250m x 250m 的案例中其成效不如 Landsat 及 Sentinel-2 影像，因此建議採用 Landsat 及 Sentinel-2 進行長期植被復育監測分析。

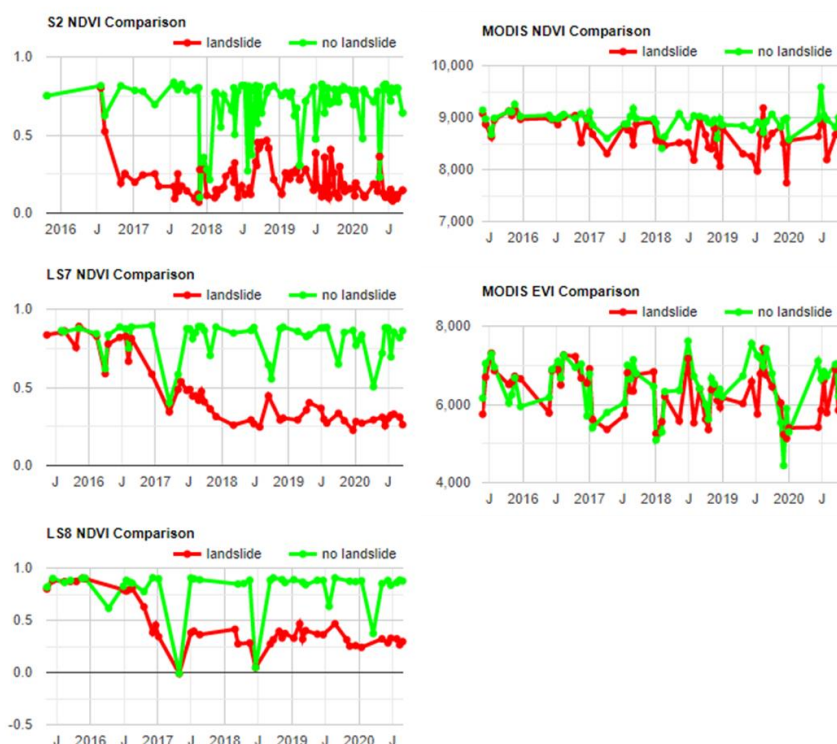


圖 4.3-18、多組衛星影像長期監測植生指標(NDVI、EVI)變化

(2)以 GEE 多光譜衛星影像進行地物場景分類

於 4.2.3 節發展的航遙測影像地物智慧辨識技術可以透過 Google Colab 雲端計算服務平台整合 GEE 功能，航遙測影像資料提供及成果展示由 GEE 雲端應用平台負責；地物辨識計算資源由 Colab 雲端計算平台提供。應用平台架構流程如圖 4.3-19 所示。

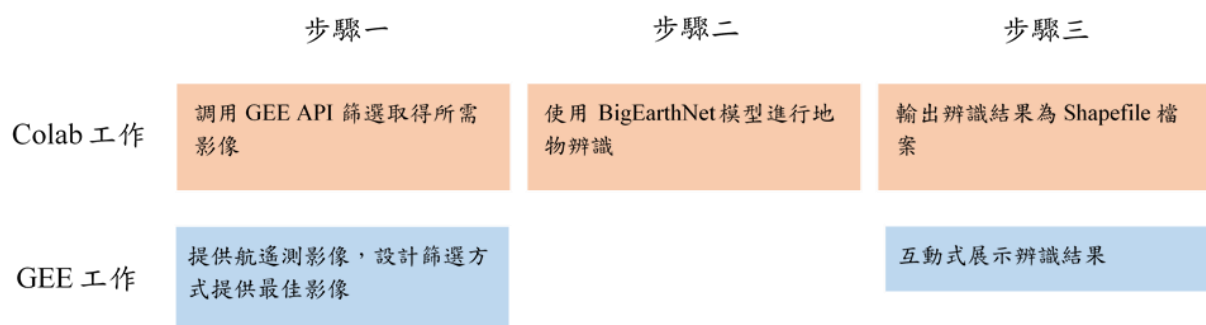


圖 4.3-19、結合 GEE 雲端應用平台與航遙測影像地物辨識技術之架構圖

試辦目標區域為新竹市與竹北市，測試範圍與 4.3.5 試辦地區相同，但本節是使用衛星影像，而非航空影像。Sentinel-2 衛星影像取樣時間為民國 108 年，從 GEE 取得的影像以 tif 影像格式儲存在 Google Drive 雲端儲存空間，共有 3885 幅影像（每幅 1.2km x 1.2km，如圖 4.3-20），合計需要 1.3GB 的空間，下載時間約為 20 分鐘。取得 tif 影像後在 Colab 上執行 BigEarthNet 的辨識模型，Colab 免費提供的計算資源足以完成執行任務，整體花費時間約 20 分鐘。判識成果如圖 4.3-21，成果為每 1.2km x 1.2km 得到一個地物場景類別。

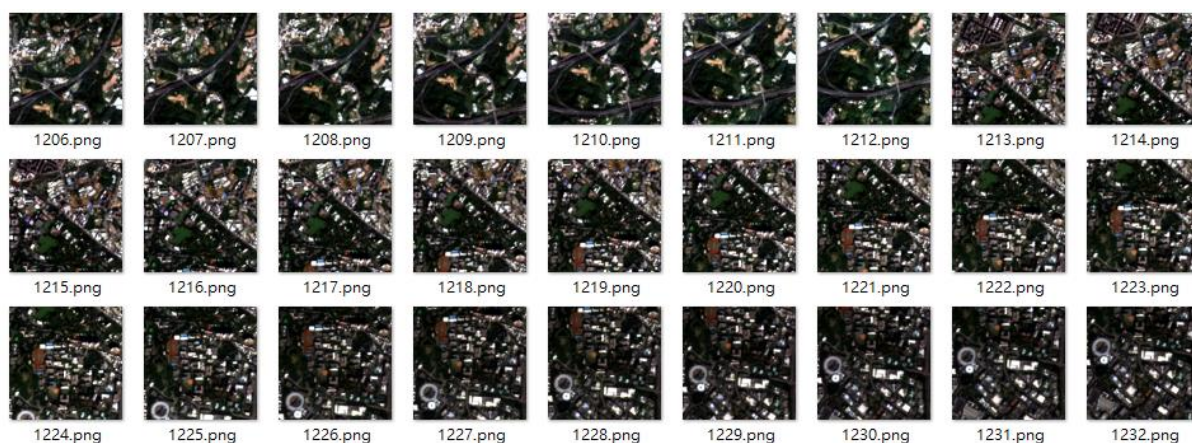
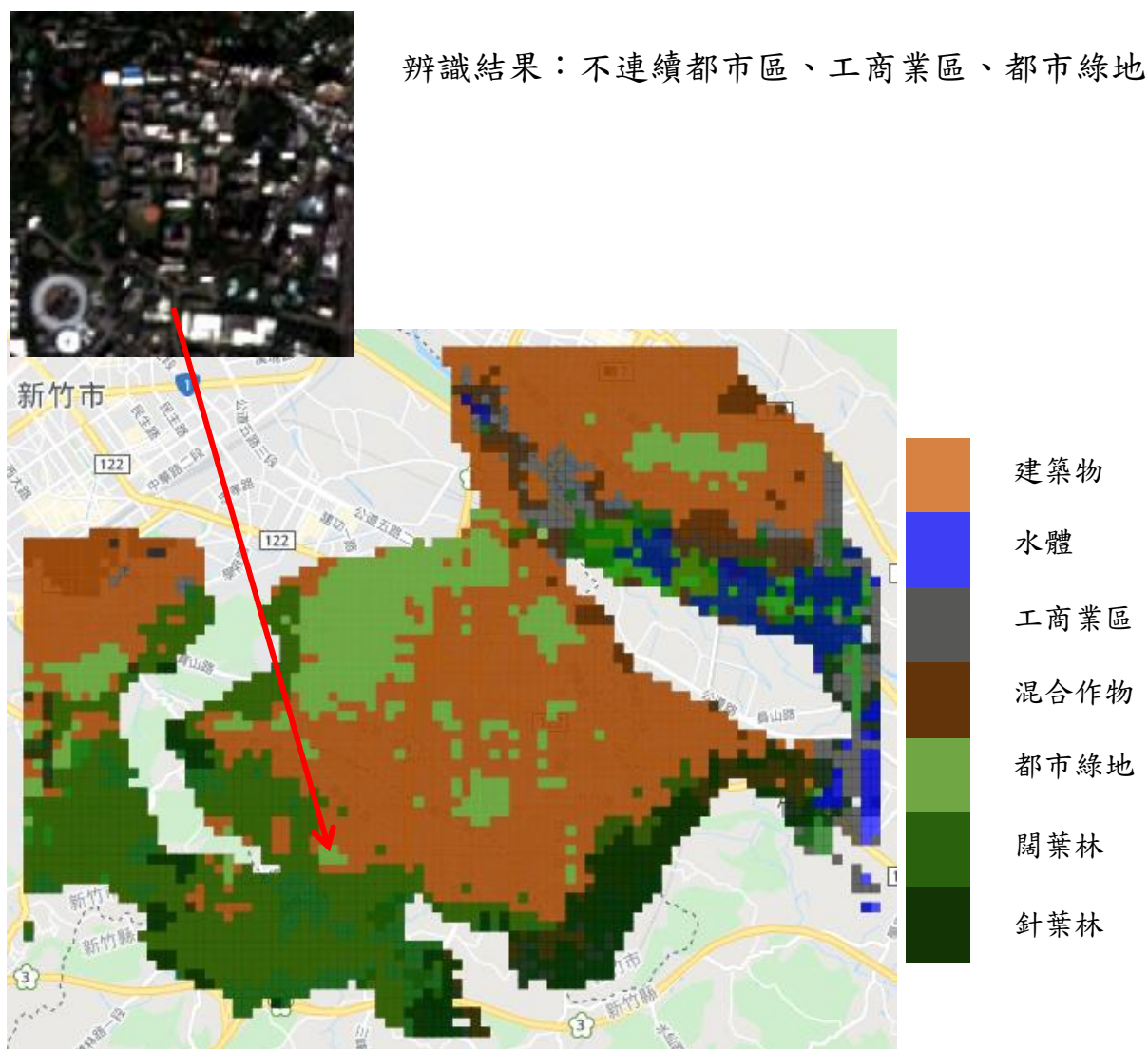


圖 4.3-20、以 RGB 展示部分下載完成影像



辨識結果：不連續都市區、工商業區、都市綠地

圖 4.3-21、以 BigEarthNet 辨識完成全區類別結果與單張影像示意圖

為探討在應用平台進行更大範圍地物辨識之可行性，本計畫測試執行北臺灣資料下載及辨識(圖 4.3-22)，影像共有 6,537 幅，合計需要 2.1GB 的空間，下載時間約為 30 分鐘，後續的計算分析需要花費約 25 分鐘。北臺灣地區辨識結果的地物類別相當多，為了方便觀察分類成果，將成果展示設計成可以選擇特定類別，例如想要尋找水體就單點選水體類別，即可找到辨識為水體的影像位置。

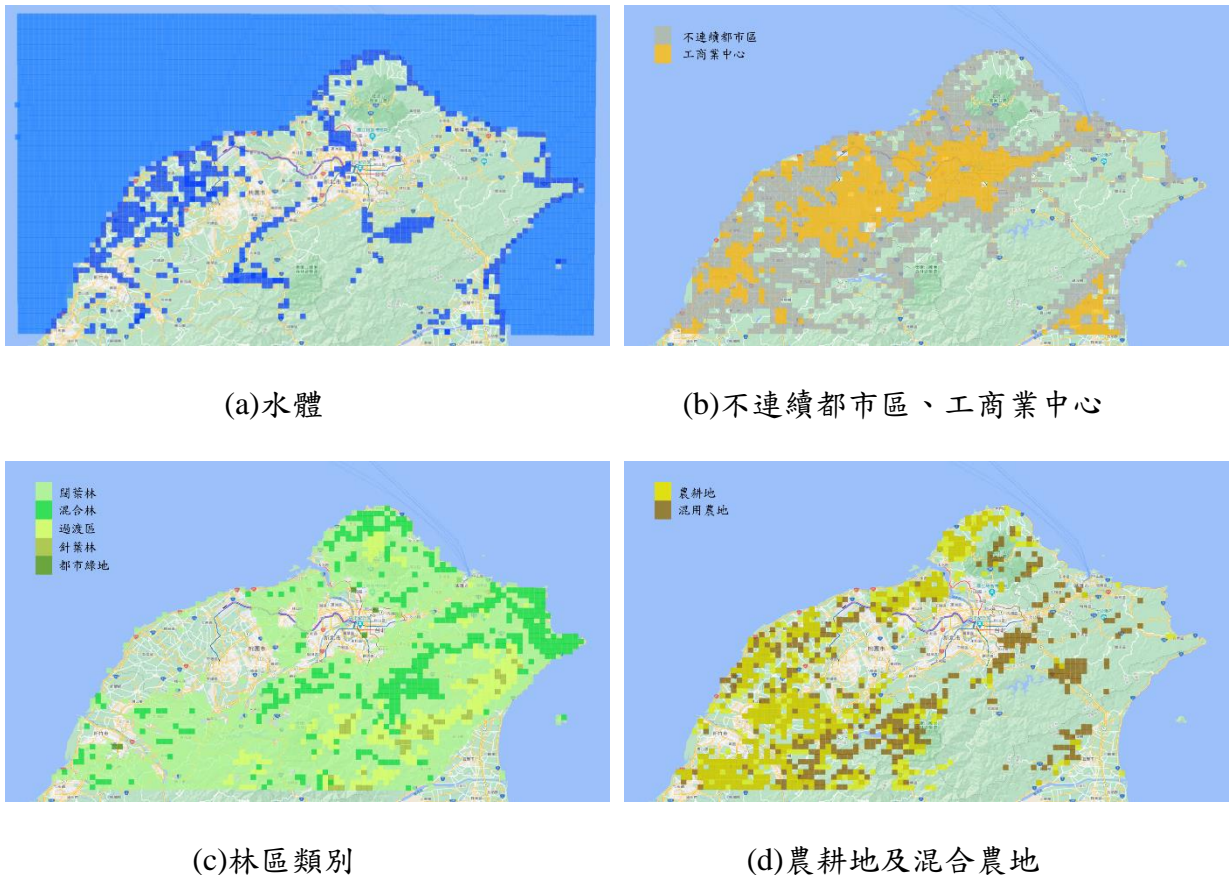


圖 4.3-22、以 BigEarthNet 辨識北臺灣部分類別

4.3.3 前述試辦本團隊需自行取得相關資料，並協調應用平台之整合

前述應用試辦所需之雷達影像、光學影像及應用平台之取得均由本團

隊進行資料獲取。

**4.3.4 增加以高解析(2公尺或更優)光學衛星影像進行地表形變分析之試辦，
試辦區至少須含 1 處災害潛勢區，總面積須達 100 平方公里以上，且
須與機關討論選定**

本項工作主要目標為透過多時期之數值地表模型分析地表形變，本(109)年度以分析光學衛星影像，進行數值地表模型的高程差異分析，未來規劃為進行更多種類型之多時期地表形變分析。

本項工作使用 SPOT-6/7 光學衛星影像，其全色態影像解析度為 1.5 公尺而多光譜影像解析度為 6 公尺，本項工作主要將利用 SPOT-6/7 立體像對產製數值地表模型，利用不同時期之數值地表模型分析地表形變，並進行數值地表模型之高程差異分析。試辦區域於高雄荖濃溪區域(如圖 4.3-23 所示)，圖中紅色線條為土石流潛勢溪流，試辦區面積約 150 平方公里。於計畫開始後已於 2020/07/20 拍攝到目標區域之 SPOT-6/7 立體像對。並利用立體像對產製目標區域之數值地表模型，產製成果如圖 4.3-24 所示。

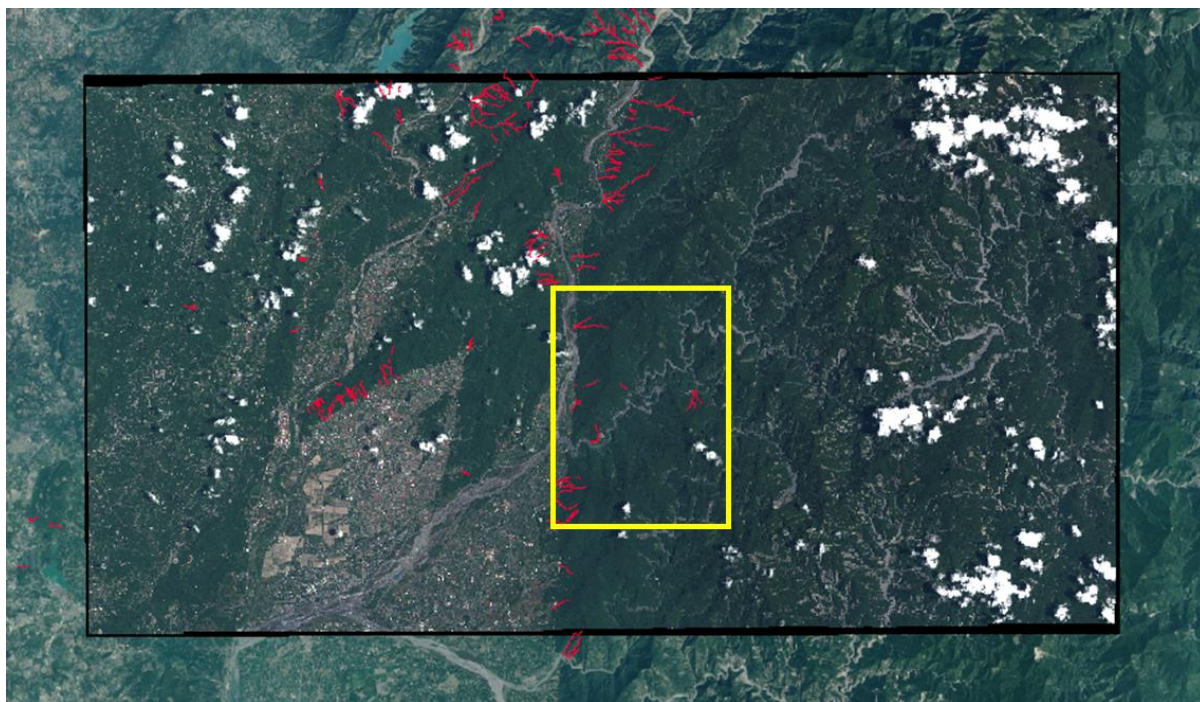


圖 4.3-23、試辦區域 SPOT-6/7 立體對

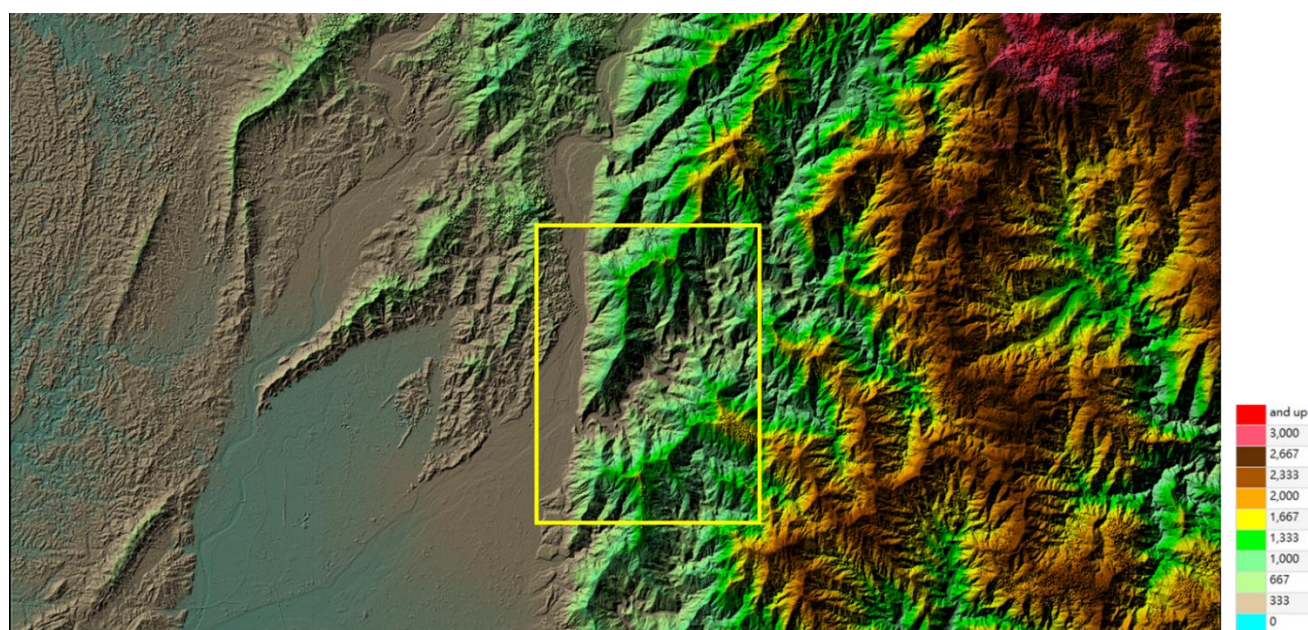
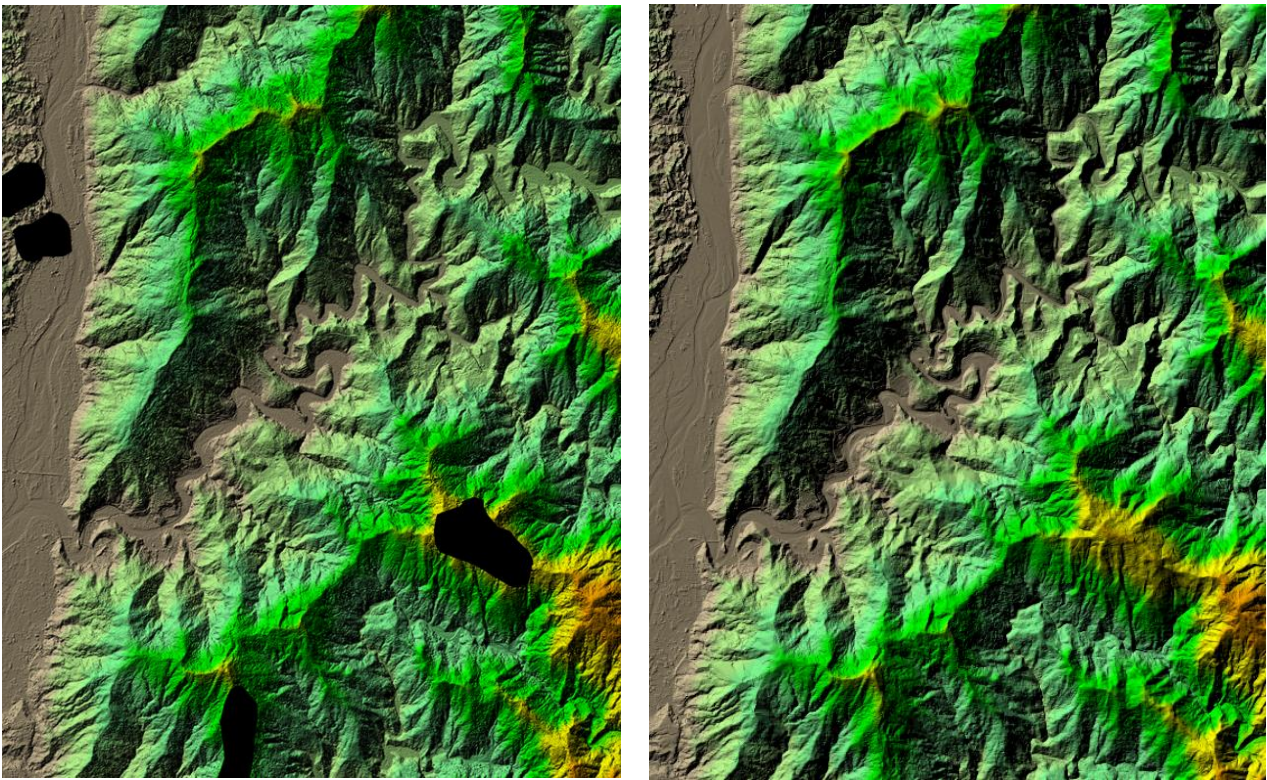


圖 4.3-24、試辦區域利用 SPOT-6/7 立體對產製之數值地表模型

以立體像對所產製之數值地表模型作為後期數值地表模型，前期數值地表模型則選擇內政部 5 公尺數值地表模型。前後期數值地表模型如圖 4.3-25 所示，圖中可見整體之地形趨勢兩者均相同，僅在後期數值地形模型

中，少部分區域因受雲遮蔽影響無法產製之數值地表模型。將後期數值地表模型減去前期數值地表模型，可得前後期之地表高程變化量如圖 4.3-26 所示，圖中綠色部分為正值，代表後期高程增加，紅色部分代表後期高程降低，圖中高程變化小於正負 10 公尺則黑色。圖中可觀察到大部分顯著之高程變化多為降低，而在沿河床區域則有較顯著之高程增加情況。



(a)前期

(b)後期

圖 4.3-25、試辦區域數值地表模型

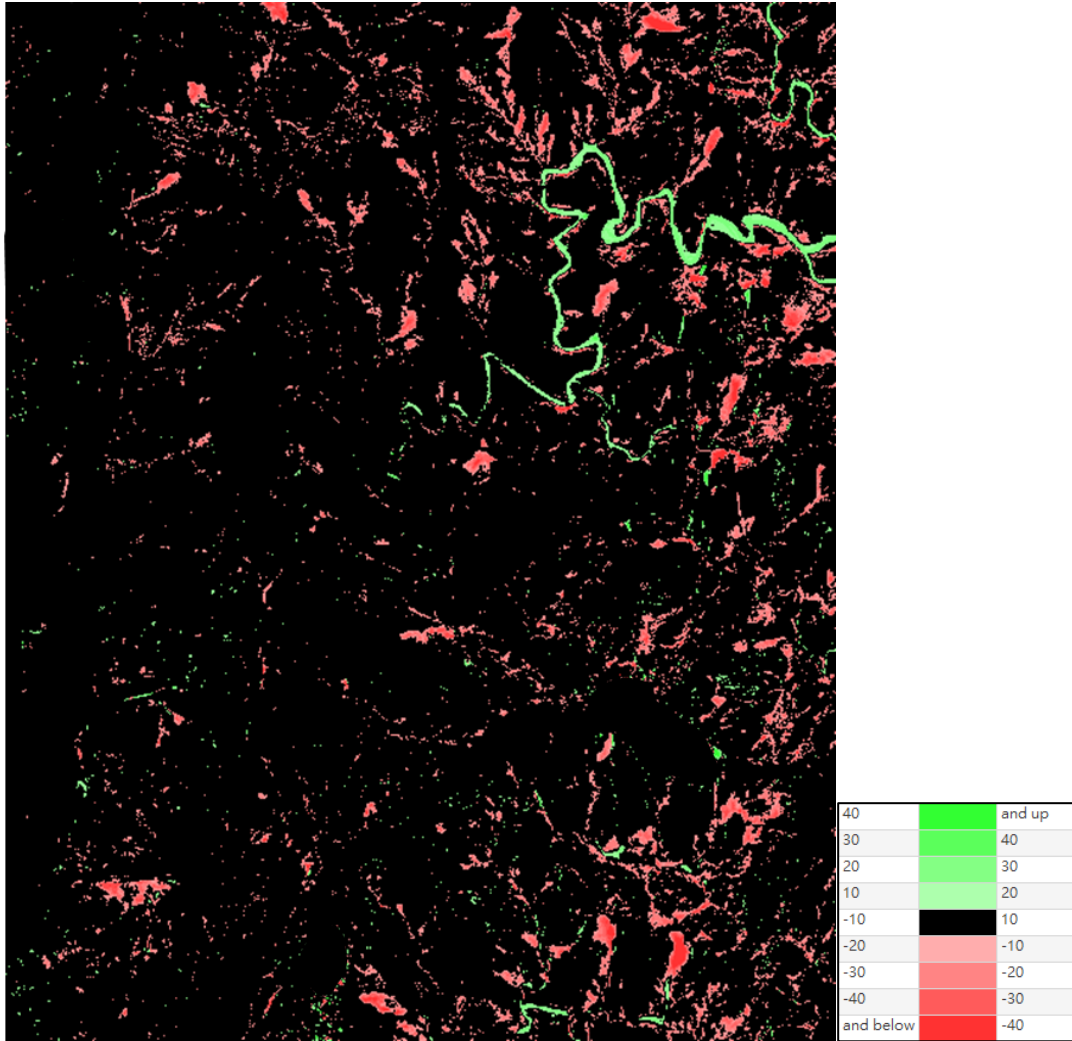
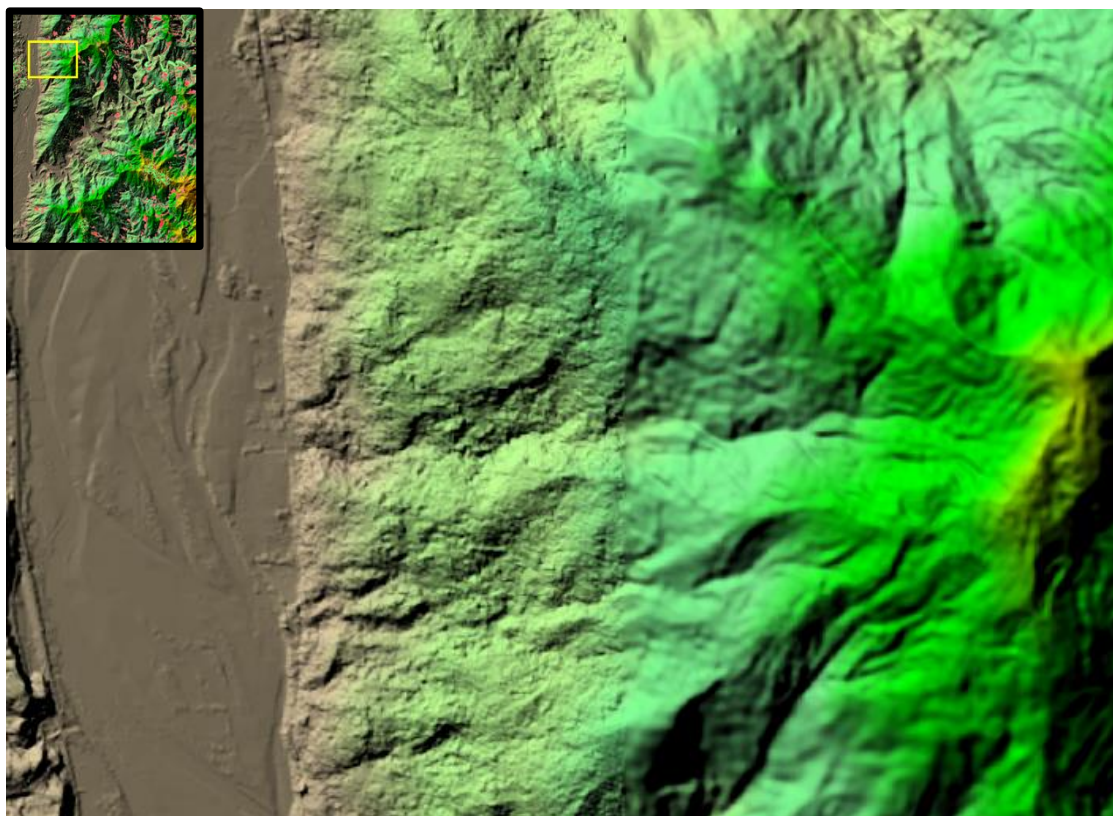
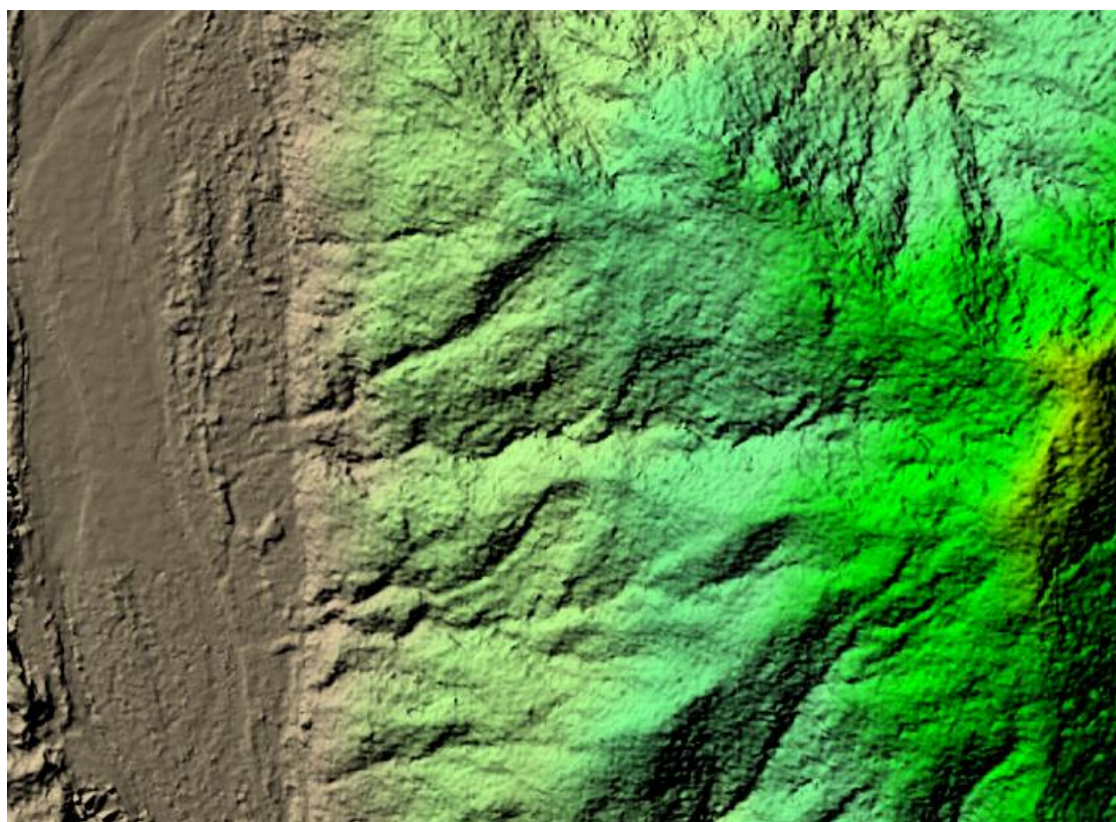


圖 4.3-26、試辦區域前後期數值地表模型高程差異

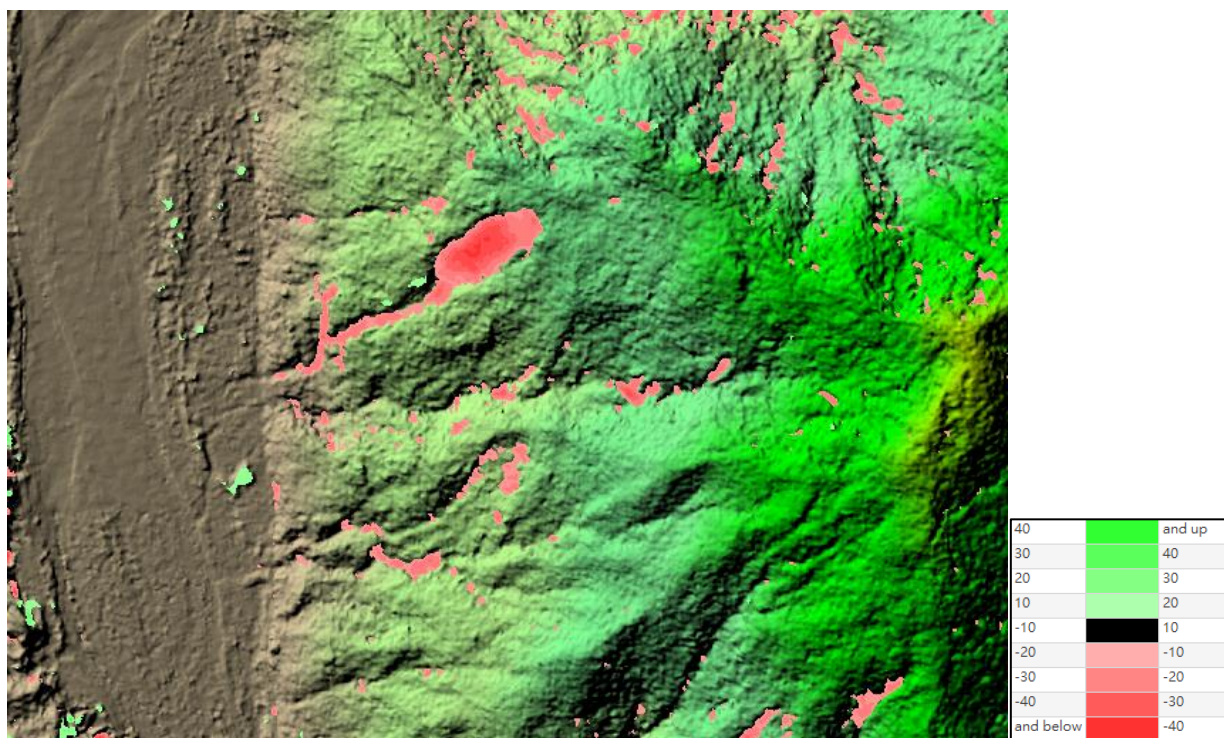
圖 4.3-27 為土石流潛勢區之數值地表模型局部放大，圖 4.3-27 (a)及圖 4.3-27(b)分別為前後期數值地表模型，圖中不易發現兩者間有顯著差異。圖 4.3-27(c)則為前後期數值地表模型高程差異，配合此圖則可觀察到沿土石流潛勢溪流，有明顯高程降低情形，高程降低最多可達約 40 公尺，推測應為土石崩落所造成。



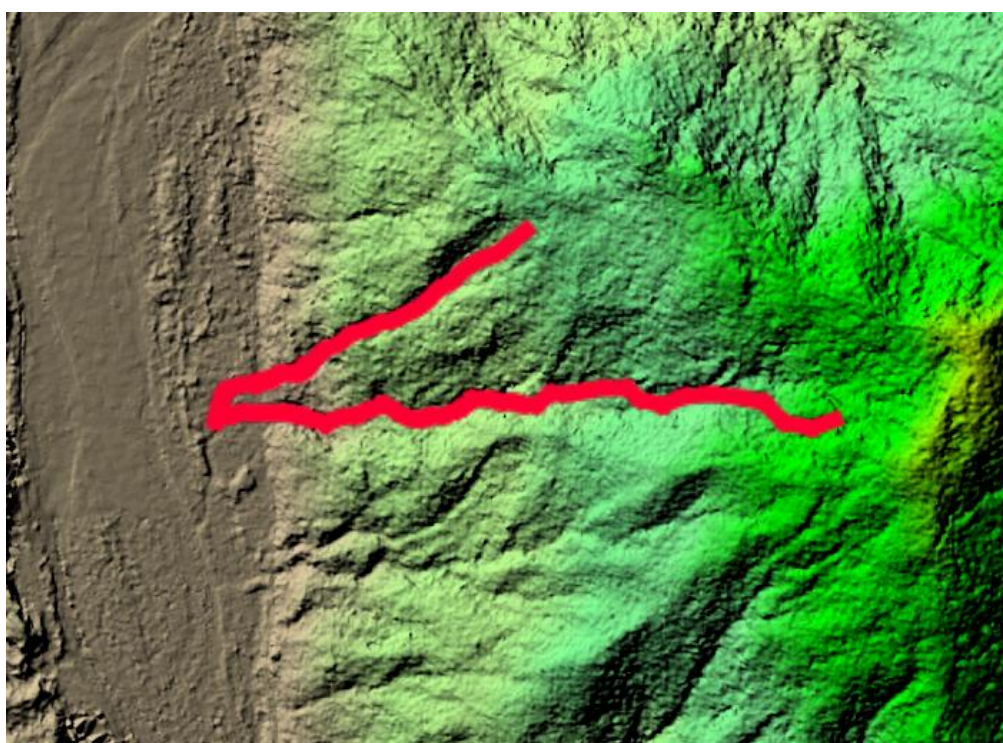
(a)前期數值地表模型



(b)後期數值地表模型



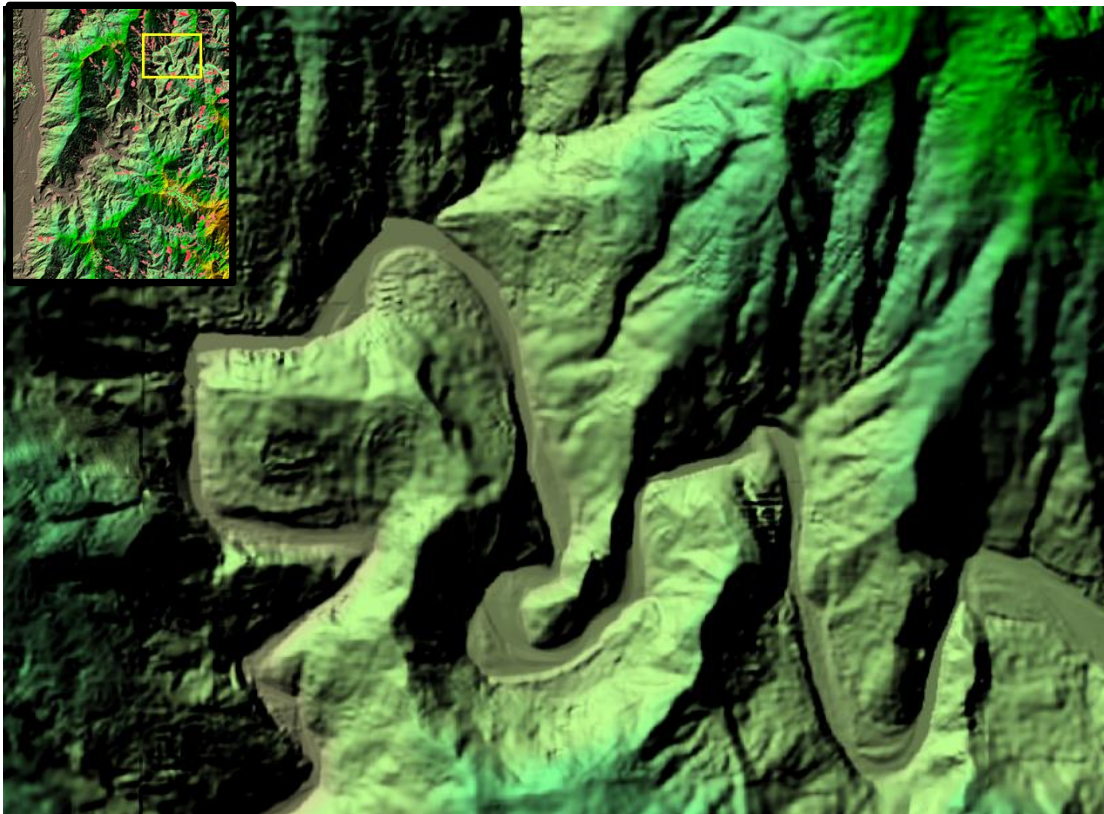
(c)前後期數值地表模型高程差異



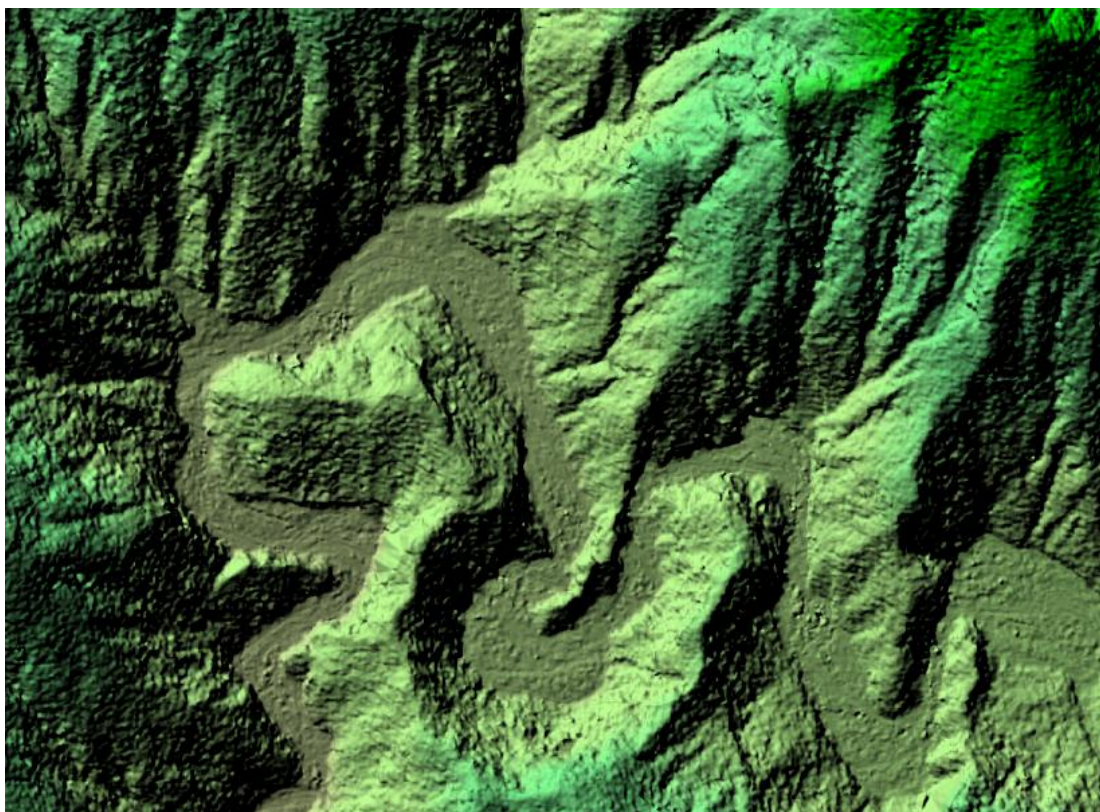
(d)土石流潛勢溪流位置

圖 4.3-27、試辦區域(土石流潛勢區)前後期數值地表模型高程差異

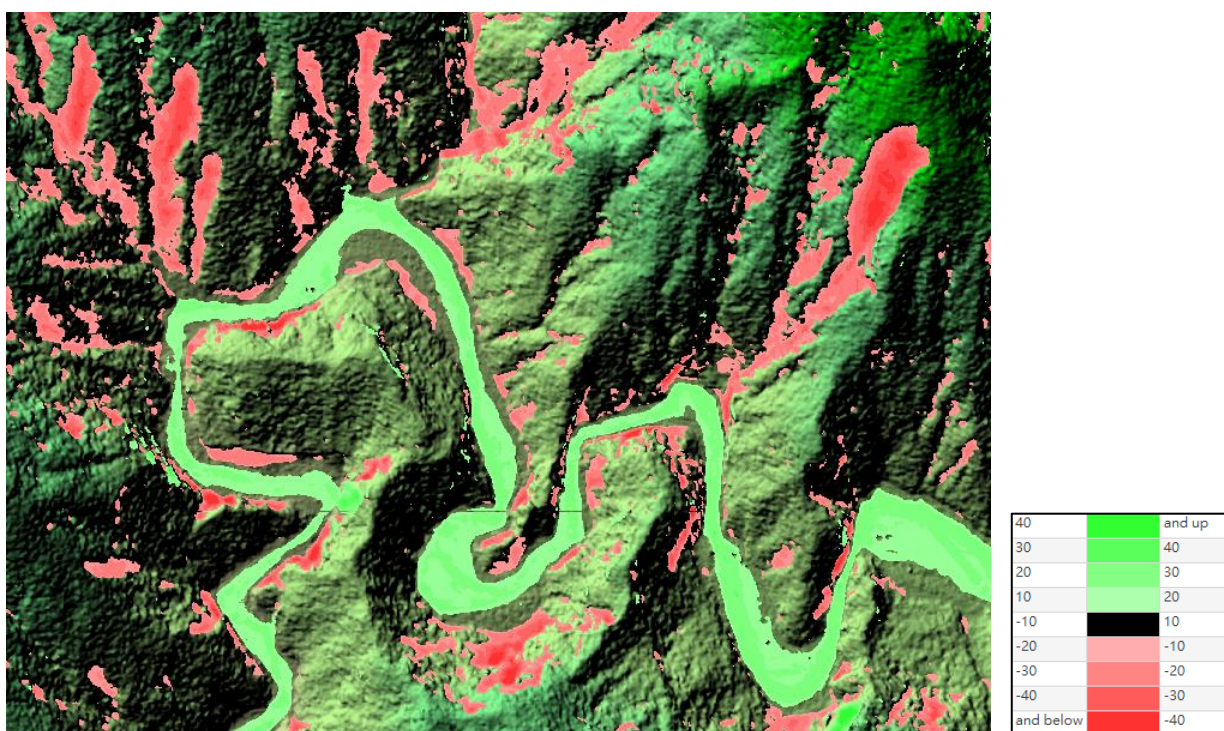
圖 4.3-28 為河流區域之數值地表模型局部放大，圖 4.3-28 (a)及圖 4.3-28(b)分別為前後期數值地表模型，圖中亦不易發現顯著差異。圖 4.3-28 (c)則為前後期數值地表模型高程差異，配合此圖則可觀察到河流旁之山坡地，有明顯高程降低情形，推測應亦為土石崩落所造成。而在河床部分則有明顯高程增加情形，河床寬度亦有顯著增加，推測應為土石崩落後大量土石堆積在河床上，導致前述情形。利用不同時期之數值地表模型進行比較分析，有助於確認土石崩落及河床堆積等情形。



(a)前期數值地表模型



(b)後期數值地表模型



(c)前後期數值地表模型高程差異

圖 4.3-28、試辦區域(河流區域)前後期數值地表模型高程差異

4.3.5 增加以臺灣地區航遙測影像進行地物辨識與分類試辦，試辦區至少須達 10 幅五千分之一圖幅範圍，且須與機關討論選定

本項工作主要目標為透過深度學習進行臺灣地區航測影像地物辨識及精度評估，並以地物辨識成果進行變遷分析。本(109)年度以完成地物辨識及變遷分析試辦為預期成果。本年度具體成果是完成技術可行性驗證，比較「臺灣通用電子地圖地物類別」及「國土利用調查土地利用類別」之分類成果。臺灣通用電子地圖地物類別有較佳的分類精度，其中房屋與道路的分類精度優於其他類別，未來規劃成果可應用於地物辨識應用。

本項工作採用全卷積類神經網路(Fully Convolutional Networks, FCN)(Long et al., 2015)進行影像語義分割(Semantic Segmentation)，有別於第 4.2.3 節的影像場景分類，本項工作對每一個像元(Pixel)進行分類。研究成果主要分成兩個部分，第一部分為地物辨識，使用深度學習技術進行訓練及地物分類，影像語義分割之訓練資料包含航測影像及對應地物類別，地物分類分成「臺灣通用電子地圖圖層類別」及「國土利用調查第一級土地利用類別」；第二部分為變遷偵測，使用前後兩期之地物分類成果進行變遷分析，變遷偵測僅針對臺灣通用電子地圖之房屋及道路類別。

本項工作已完成試辦區選定及資料申請作業，試辦區域選定新竹縣市區域，十幅五千分之一圖號分別為 9622IV071、9622IV072、9522I089、

9522I090、9522I099、9522I100、9622IV081、9622IV082、9622IV091、9622IV092，此區域地表主要為建物、道路、水系等地物，並包含有明顯地表變化之竹北高鐵站區域，如圖 4.3-29。試辦作業申請 106 年及 108 年度的資料，實驗資料包含：(1)臺灣通用電子地圖向量檔及對應 25cm 空間解析度之彩色正射影像；(2)國土利用調查向量檔及對應 25cm 空間解析度之彩色正射影像。

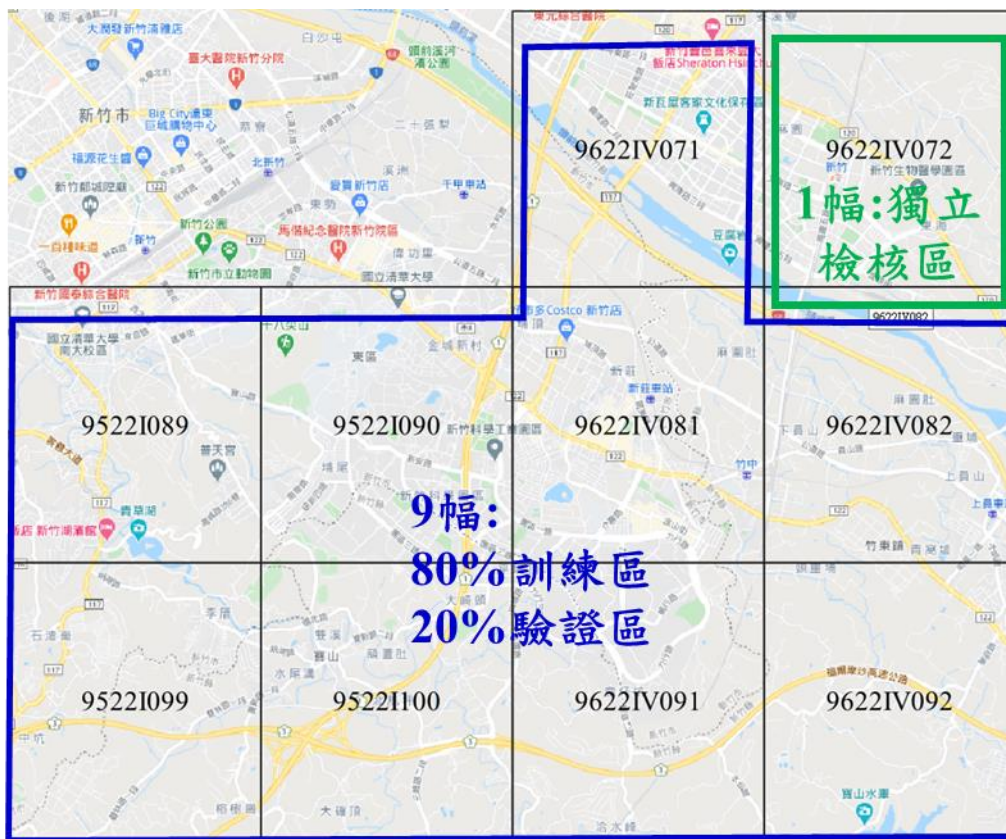


圖 4.3-29、臺灣地區航遙測影像地物辨識試辦測試區

試辦作業將測試區域分成三種區域(如圖 4.3-29)：9 個圖幅中的 80% 做為訓練區、9 個圖幅中另外的 20% 做為驗證區、1 個圖幅做為獨立檢核區。訓練區的角色是計算深度學習分類參數，驗證區是驗證深度學習分類參數

的正確性，而獨立檢核區則是用於獨立精度檢核，本項工作以獨立檢核區進行精度評估，以明確區別訓練與檢核資料。

分類類別來自於臺灣通用電子地圖及國土利用調查的向量資料，表 4.3-4 整理這兩組資料的分類類別，其中國土利用調查在 106 年及 108 年的類別數均是 9 類，臺灣通用電子地圖在 106 年及 108 年的類別數分為 7 類及 8 類，108 年增加高鐵鐵路類別。

表 4.3-4、地物分類類別總表

	106 年	108 年
臺灣通用電子地圖	7 個類別 "cOTHER"(其他) "cHROADA"(立體路面) "cROADA"(一般道路) "cTUNNELA"(隧道) "cWATERA"(面狀水域) "cRIVERA"(河流) "cBUILD"(建物 補充說明:106 年高鐵是線圖層, 不是多邊形圖層.	8 個類別 "cOTHER"(其他) "cHROADA"(立體路面) "cROADA"(一般道路) "cTUNNELA"(隧道) "cWATERA"(面狀水域) "cRIVERA"(河流) "cBUILD"(建物) "cHSRAILA"(高鐵)
國土利用調查 (第一級)	9 個類別 "c1_farmland"(農業利用) "c2_forest"(森林利用) "c3_transport"(交通利用) "c4_hydro"(水利利用) "c5_builtup"(建築利用) "c6_public"(公共利用) "c7_tourism"(遊憩利用) "c8_mining"(礦鹽利用) "c9_other"(其他利用)	9 個類別 "c1_farmland"(農業利用) "c2_forest"(森林利用) "c3_transport"(交通利用) "c4_hydro"(水利利用) "c5_builtup"(建築利用) "c6_public"(公共利用) "c7_tourism"(遊憩利用) "c8_mining"(礦鹽利用) "c9_other"(其他利用)

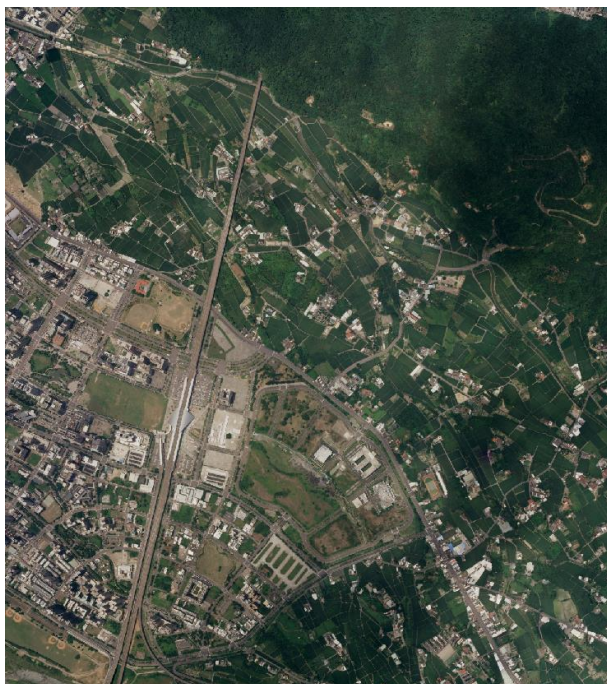
因電腦記憶體大小的限制，必須將訓練資料分割為固定大小(例：

500x500 像素)進行全卷積類神經網路模型訓練，以自動化判識每一像元地表覆蓋類別。精度評估指標使用召回率(Recall)、準確率(Precision)及 F1-Score (4.2.3 節之式 4-2-2 至式 4-2-4)，Recall 高代表 Omission Error 低、Precision 高代表 Commission Error 低、F1-Score 是 Recall 及 Precision 綜合精度指標。

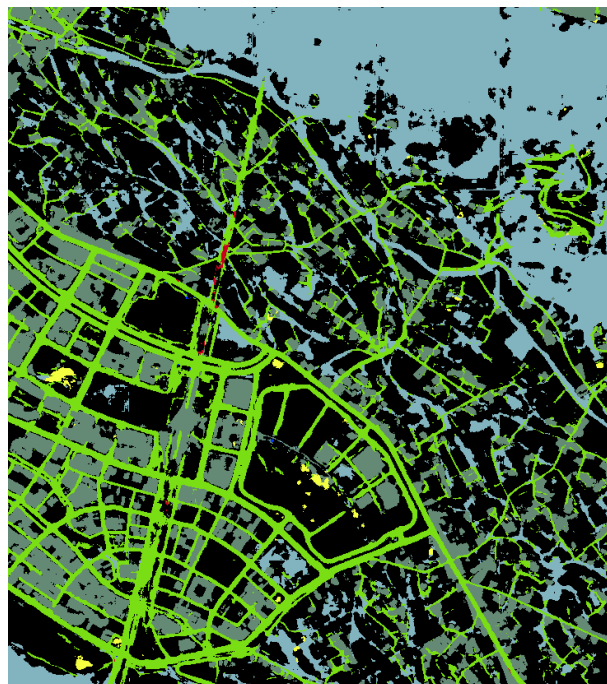
(1) 臺灣通用電子地圖類別地物辨識成果分析

圖 4.3-30 是臺灣通用電子地圖類別的分類成果圖，此區域是獨立檢核區，黑色區域代表臺灣通用電子地圖無對應之"cOTHER"類別，視覺展示評估中，房屋及道路的分類效果佳；航測影像中的林區(Forest)被誤判為河流(River)，造成河流的分析效果差，原因是：(1)臺灣通用電子地圖沒有林區這個類別可以對應；(2)訓練資料中的河流包含樹林，故林區被誤判。

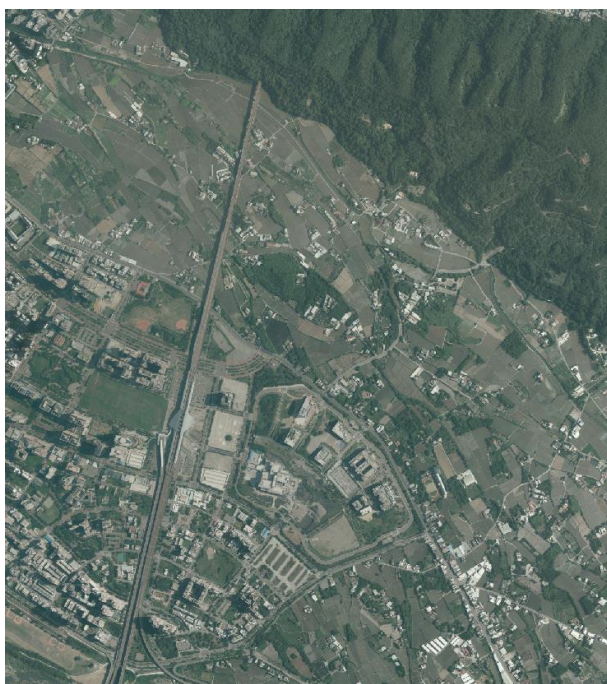
圖 4.3-31 則是量化分析成果，成果包含訓練區、驗證區及獨立檢核區。觀察訓練區的量化成果，訓練區 Recall 的精度應該很高，但 Precision 偏低，代表輸入訓練資料需要改進(圖 4.3-32)，原因是：(1)有許多 NO DATA；(2)房屋及高架道路高差移位造成類別區域變大；(3)房屋高差移位遮蔽平面道路。觀察獨立檢核區的量化成果，F1-Score 是綜合指標，房屋與道路表現優於其他類別，水及河流在獨立檢核區的表現明顯低於訓練區，此類別訓練樣本可能不足。



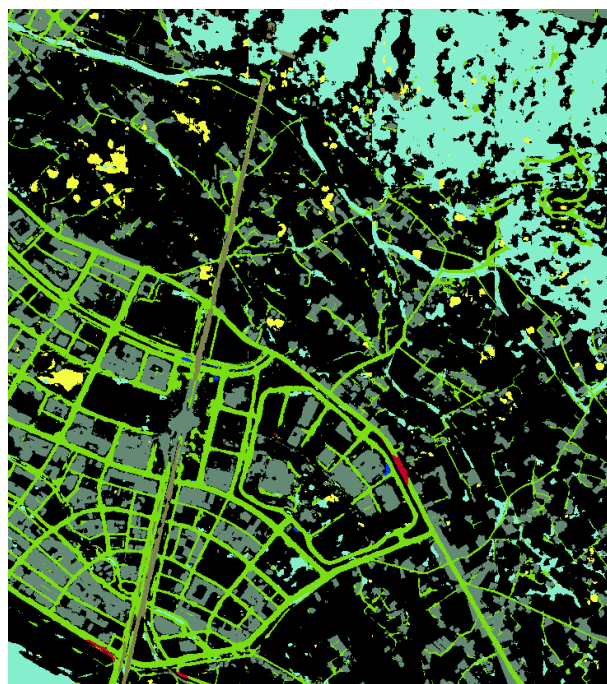
106 年航照影像



106 年分類成果



108 年航照影像



108 年分類成果

圖 4.3-30、臺灣通用電子地圖類別分類成果

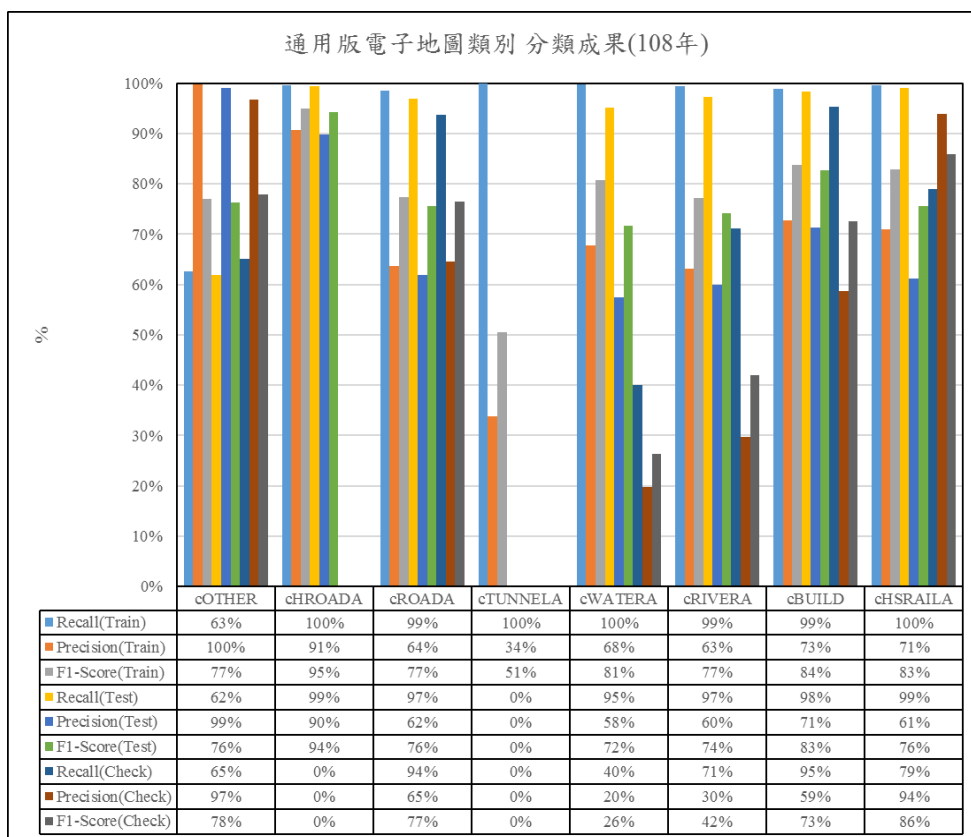
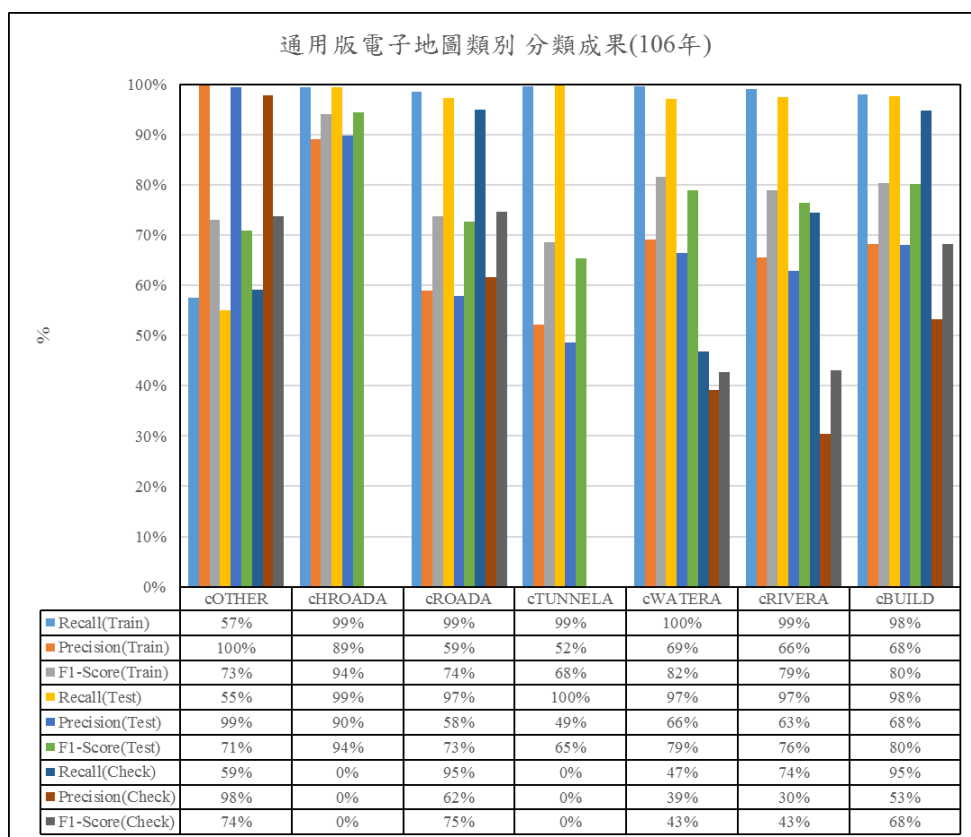


圖 4.3-31、臺灣通用電子地圖類別精度分析比較表

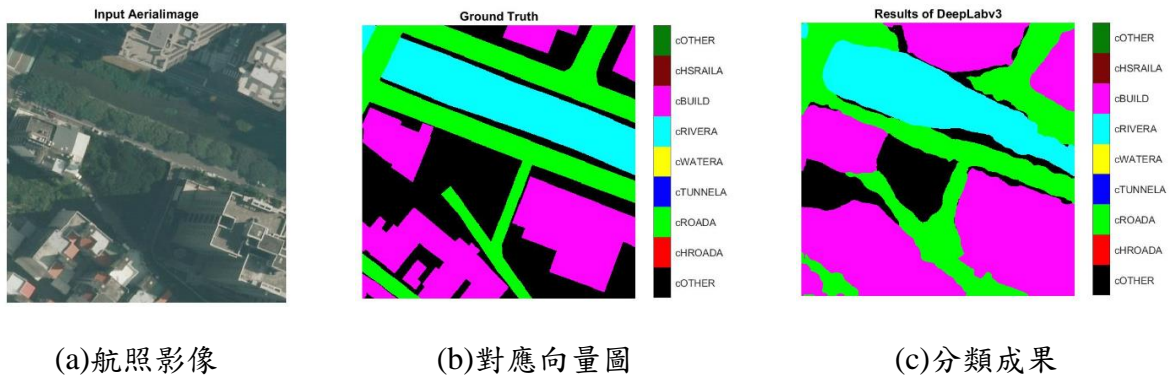


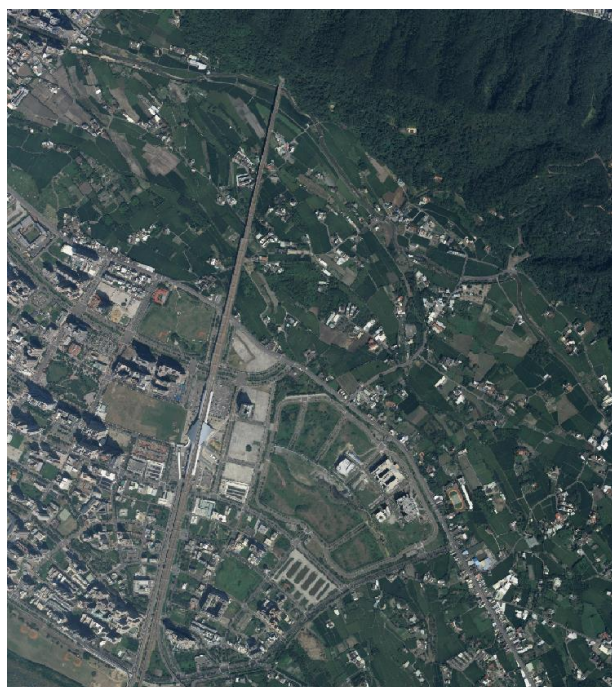
圖 4.3-32、輸入訓練資料需改進圖例

(2) 國土利用調查類別地物辨識成果分析

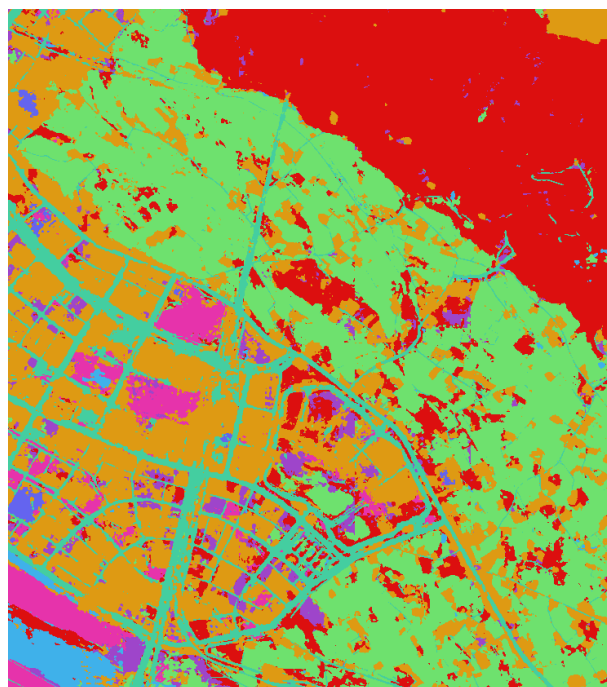
圖 4.3-33 是國土利用調查第一級土地利用類別的分類成果圖，此區域是獨立檢核區，分類成果中每一像元都對應到一種土地利用類別，視覺展示評估中，農業使用及森林使用的分類效果佳。分類成果較為細碎，即類別混淆的問題，因為是土地利用，不是土地覆蓋，影像內容有類別一對應多的問題，例如：房屋是建築使用類別，房屋也可以是公共使用類別，造成被誤判。

圖 4.3-34 則是量化分析成果，成果包含訓練區、驗證區及獨立檢核區。觀察訓練區及驗證區的量化成果，訓練區及驗證區精度應該很高，但獨立檢核區偏低，代表獨立檢核區的特性與訓練資料有差異，需要增加訓練區樣本數量。觀察獨立檢核區的量化成果，農業使用(Farmland)、森林使用(Forest)及交通使用(Transport)的表現優於其他類別，水利使用(Hydro)及公共使用(Public)等在獨立檢核區的表現明顯低於訓練區，此類別訓練樣本可

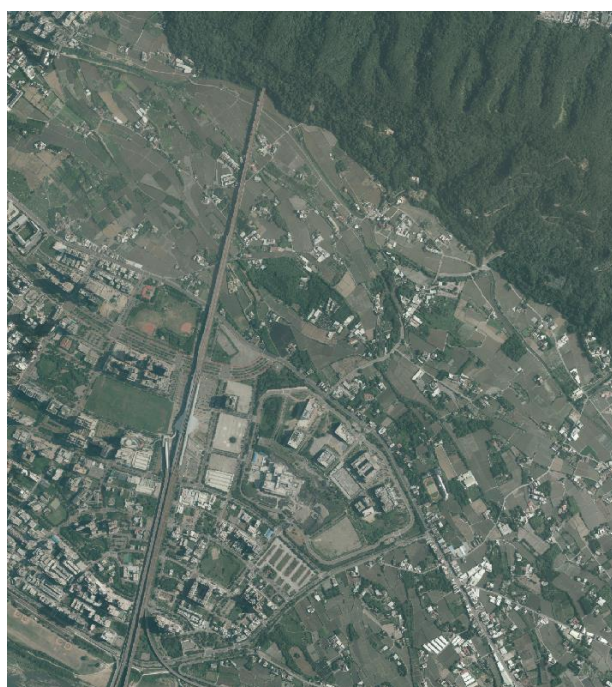
能不足。



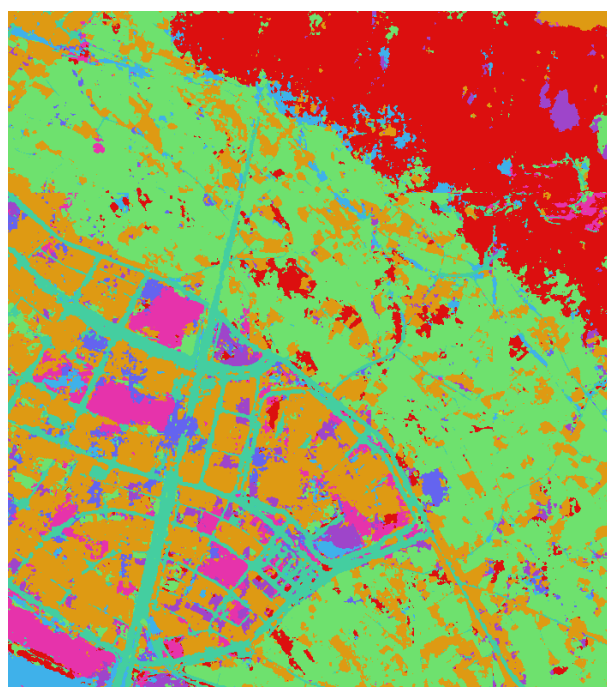
106 年航照影像



106 年分類成果



108 年航照影像



108 年分類成果

圖 4.3-33、國土利用調查類別分類成果

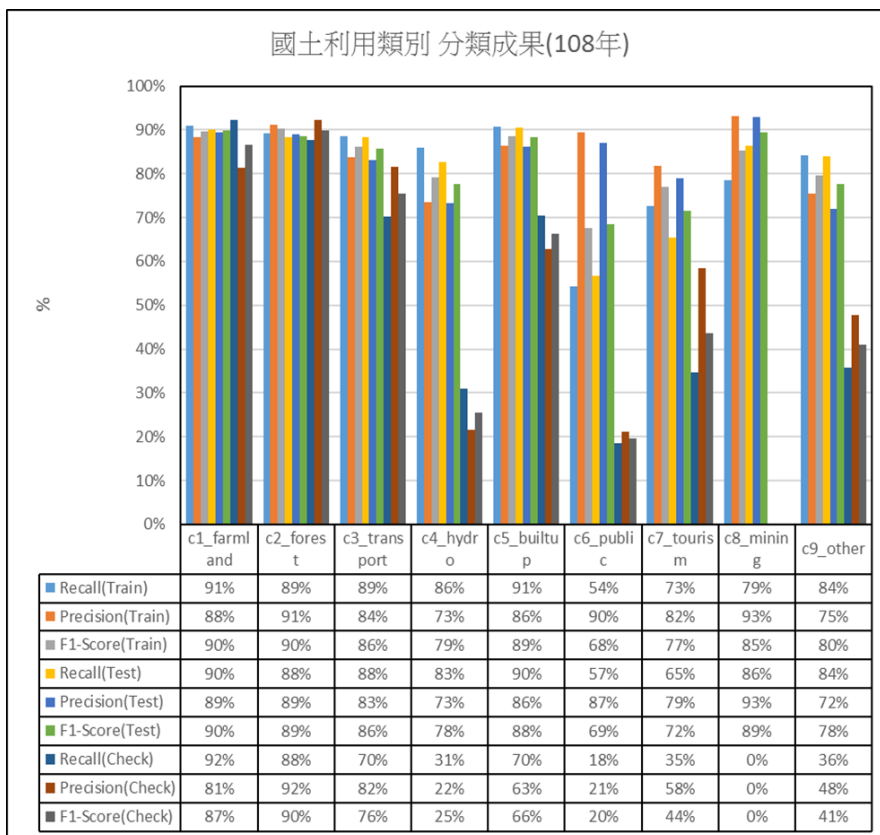
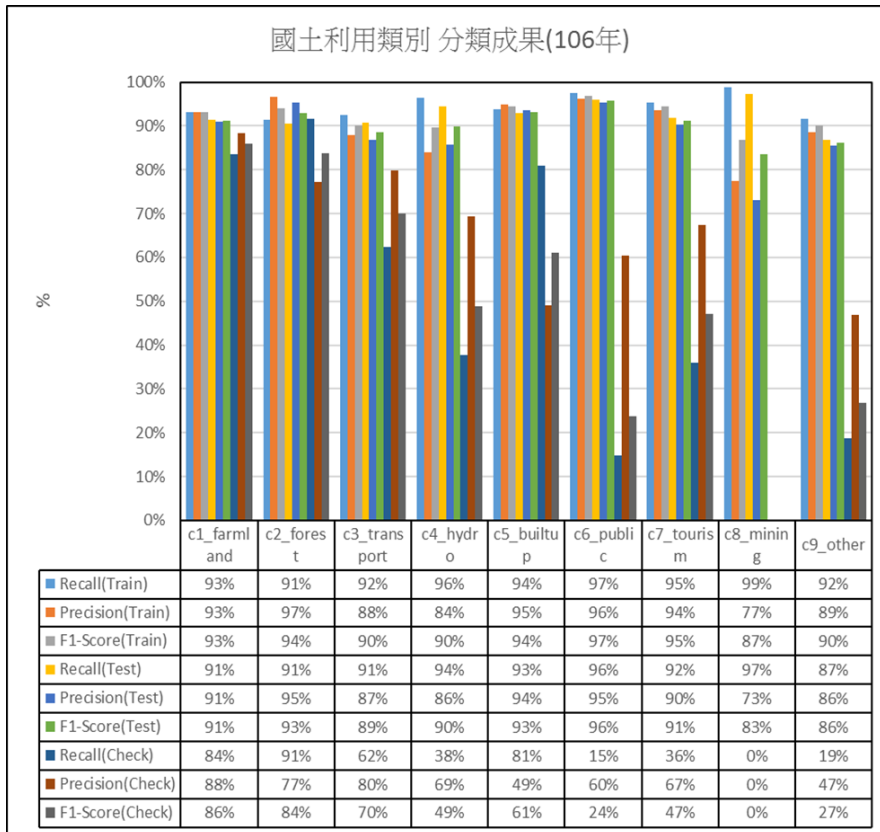


圖 4.3-34、國土利用調查分類精度分析比較表

(3) 臺灣通用電子地圖地物變遷分析

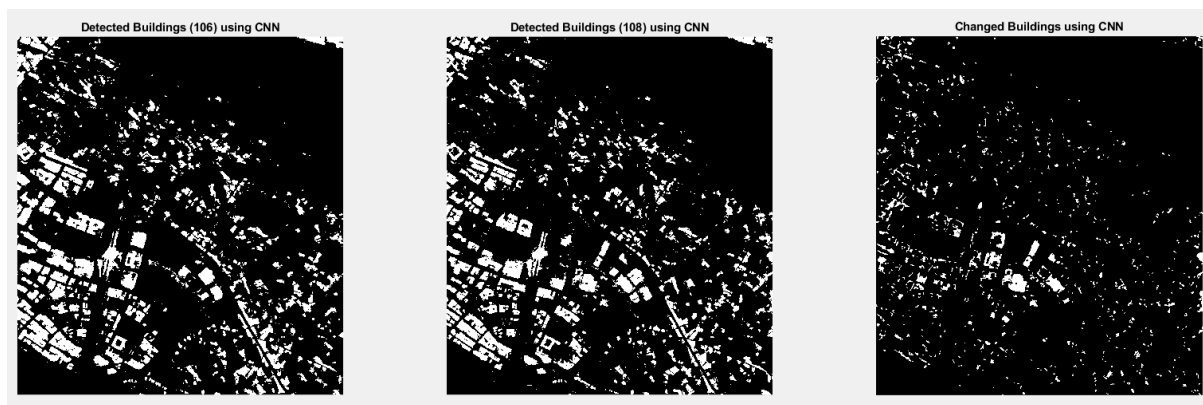
經由前項地物分類分析，房屋及道路的分類成果較佳，故鎖定房屋及道路類別進一步進行變遷分析。研究中比較前(106年)及後(108年)的自動化分類成果，以偵測變遷的區域。研究中以前後期人工數化的臺灣通用電子地圖做為參考資料，進行量化的精度評估，表 4.3-5 是房屋及道路變遷分析總表，量化分析結果顯示，誤判率很高代表自動化偵測到的變遷區域很多是誤判，經由影像比對分析，房屋誤判來自房屋高差移位造成面積改變，而道路的誤判來自道路兩側房屋高差移位的遮蔽。從漏授率進行分析，房屋主要的漏授是竹北高鐵站，自動化分類將高鐵站的鐵路分類為高鐵，而人工數化將高鐵站的鐵路數化為房屋，故造成漏授；道路的漏授仍來自高鐵，106年地圖中高鐵以中心線表示，108年地圖中高鐵以多邊形表示，因類別幾何定義的問題，造成漏授。

表 4.3-5、變遷分析總表

		Recall	Omission Error (漏授率)	Precision	Commission Error (誤判率)
房 屋	有房屋變遷	57.0%	43.0%	13.5%	86.5%
	無房屋變遷	96.4%	3.6%	99.6%	0.4%
道 路	有道路變遷	11.7%	88.3%	0.3%	99.7%
	無道路變遷	96.1%	3.9%	99.7%	0.1%

圖 4.3-35 及圖 4.3-36 則是視覺化成果展示，誤授的比例高，可能的改進策略如下：(1)增加訓練樣本，提升分類的精度；(2)增加高程模型資料，

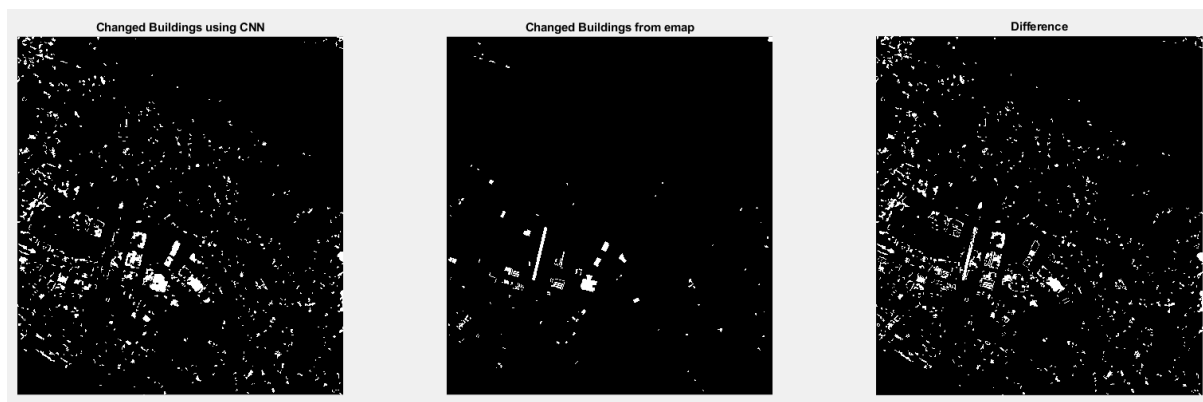
減少高差移位的影響，高程模型可能從航測作業之影像密匹產製。



(a)106 年偵測房屋區域

(b)108 年偵測房屋區域

(c)自動化房屋變遷區域

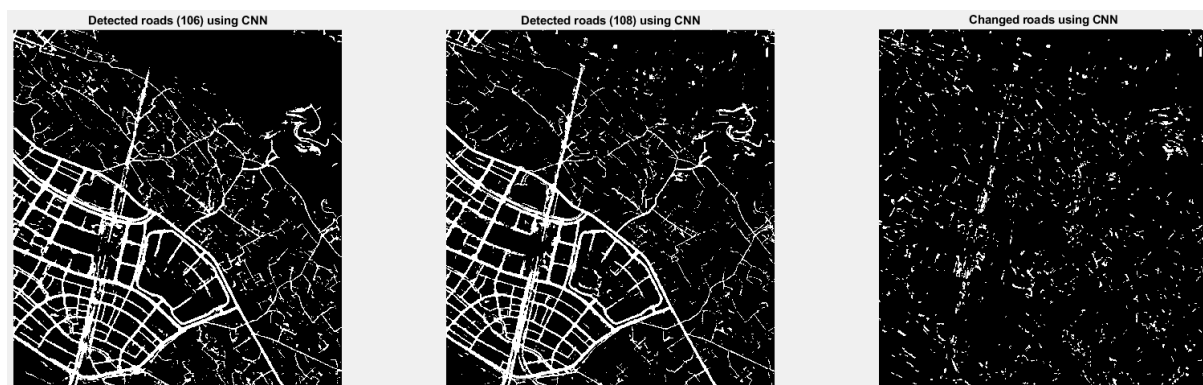


(d)自動化房屋變遷區域

(e)人工量測房屋變遷區域

(f)差異區域

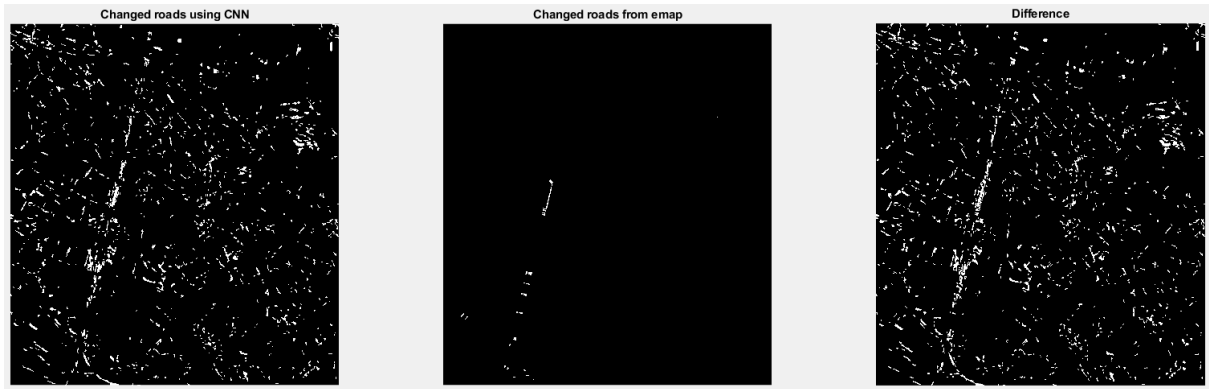
圖 4.3-35、房屋變遷比較圖



(a)106 年偵測道路區域

(b)108 年偵測道路區域

(c)自動化道路變遷區域



(d) 自動化道路變遷區域

(e) 人工量測道路變遷區域

(f) 差異區域

圖 4.3-36、道路變遷比較表

4.4 評估智慧物聯網之防災整合應用技術

4.4.1 模擬基於感測器與模型資料，發展智慧建築等適地性應用；前述模擬須運用三維圖資在內之整合技術

有鑒於三維地形圖與物聯網之整合試作常受限於實際場域資源、物聯網裝置開發、及三維圖資建置成本，本(109)年度以模擬方式探討潛在整合應用案例。其中，本工作項目模擬智慧建築管理系統為應用案例。智慧建築管理系統連結並彙整建築物內的物聯網感測器，提供介面獲取物聯網提供之感測功能與致動功能。

本(109)年度之目的為針對數項智慧應用進行模擬，包含智慧居家之節能與安全、停車場導引與節能、遠距救護，證明透過模擬可避免花費大量時間與金錢成本實際開發及佈設物聯網硬體設施，進而快速探討地理圖資與物聯網之整合應用潛力。而後續之工作，建議可針對以下項目進行探討。

首先，可延續模擬案例方式，選擇特定之領域進行深度探討，例如以智慧工廠為例，將工廠內各種物聯網資訊整合並建立三維模型介面進行視覺化展示及管理，並在工廠內挑選數項智慧應用進行軟體實作，如透過儀器震動頻率以深度學習模型判斷儀器健康度、監測進料機之原料量以自動示警補充原料、監測危險機具運作時之周遭人員位置並進行示警。亦可加入實際訪談相關工廠之需求並據此發展對應解決方案，進而找尋合作工廠實際部署所開發之系統。再者，可探討物聯網之沉浸式人機互動方案，例如透過擴增實境(Airtual Reality, VR)或混合實境(Mixed Reality, MR)的方式讓使用者以手機或頭戴式裝置直接看見物聯網裝置並經此直接取得物聯網感測資訊且進行控制，此工作之重點將為如何利用三維圖資輔助手機或頭戴式裝置之精準定位，以正確顯示物聯網裝置之位置。

關於今年度之工作項目，為展示模擬應用之成果，選擇透過 Unity 遊戲引擎進行開發。Unity 為一跨平台之遊戲引擎，可支援各遊戲主機、智慧型手機運算系統、網頁平台、及虛擬實境(Virtual Reality)與擴充實境平台之應用程式開發。隨著近年許多遊戲利用 Unity 進行開發，有許多現有的模組及套件可供使用，例如物理運動模組、導航模組、地形編譯器等。Unity 除了可用於遊戲開發外，亦可用於互動式建物視覺化展示或三維動畫等應用。

此工作項目依四階段進行，包含(1)應用案例設計、(2)Unity 功能測試及案例行為調整、(3)應用案例開發、及(4)功能擴充。

對於 Unity 功能測試，以下為模擬應用時的功能需求以及測試結果。

1. 模型建置

- 1.1 三維建物模型建置：在 Unity 環境建置三維建物模型，可手動調整建物的形狀大小，模擬出室內及室外之建物模型。
- 1.2 匯入外部建置之建物模型：可使用第三方軟體如 SketchUp 建置模型後，匯入 Unity 進行使用。或從線上平台，如 Free3D、Mixamo 等下載建物或人物模型。其中 Mixamo 主要為人物模型，帶有行走、跑、跳等動畫可供使用。
- 1.3 角色物件行為：在 Unity 環境建立不同角色的物件，如人或車，並成功設定其移動方式，如隨機移動、指定位置移動、或以鍵盤操作控制角色移動。

2. 事件觸發

- 2.1 手動觸發事件：在 Unity 環境可透過使用者操作進行事件觸發，例如使用按鈕或案件觸發事件。
- 2.2 監測模擬感測器數據觸發事件：在 Unity 環境可模擬感測器之數據，並根據該數據觸發事件。此功能可應用環境數據的監測，如透過物件之間距離監測，判斷房間內是否有人，進而自動化判斷是否關閉房間內之電器。
- 2.3 由 Unity 物件觸發事件：可透過 Unity 物件之行為觸發事件，例

如人員或車輛移動時動態開啟與關閉照明設備。此項在模擬時實際上由物件觸發事件更改感測器讀數，再由應用腳本獲取感測器讀數後進行判斷並觸發控制任務。

3. 導航

3.1 利用 Unity 之導航套件控制物件移動：可透過 Unity 之 Navigation 套件計算起點與終點之最短距離，並控制物件之移動。

3.2 外部設定導航路線並移動物件：為了模擬實際應用之情境，導航路線資訊應在外部進行資料建置及最短路徑判斷。本工作項目以 Dijkstra 演算法進行起始點至目標點之最短路徑判斷，再由 Unity 腳本控制物件移動至各個路徑點。

4. 連結物聯網裝置與模型資訊

4.1 依模型語意進行連結：連結物聯網裝置與模型時，能透過模型之語意資訊進行查詢。例如，由感測器連結得知其所在之房間，再透過該房間查詢其包含之物聯網裝置，以進行監測或控制。此功能透過外部建立之關聯式資料庫達成。

4.2 依空間坐標進行連結：物聯網裝置與模型之連結或許不具有確切的語意關係，或其語意關係為動態變化且難以自動化創建。此時可透過其空間坐標進行查詢。例如，搜尋年長者附近之道路路徑點以進行最短救護路徑判斷。此功能透過空間資料庫之空

間查詢及坐標運算達成。

所開發之應用案例包含四項，以下逐一介紹其達成方法及成果。

1. 智慧居家之節能管理

透過物聯網整合系統，連結並彙整智慧居家內的各式物聯網裝置，如燈光調節系統等，同時掌握了居家內的環境狀況以及各類裝置的即時資訊。經此，將物聯網各式資訊以及空間位置資訊彙整並分析，進而自動化的驅動、管理居家內的裝置，達到智慧居家的應用。確切而言，此模擬在每個房間設置感測器，透過計算感測器和人型物件的距離，代表震動或噪音感測器之讀數，所模擬的讀數將匯入至以 MySQL 建置之感測資料庫。再開發節能應用腳本，持續從資料庫獲取資料，以判定是否有人在房間內，再對應觸發其他裝置之開關，此處主要以燈光模擬智慧節能的效果。

實際開發之模擬程式以鍵盤操作，如 W 控制人物向前走、A 控制人物向左轉、S 控制人物向後走、D 控制人物向右轉、K 切換到廚房視角、B 切換到廁所視角、O 切換到房間一視角、T 切換到房間二視角、M 查看數據頁面。如圖 4.4-1 所示，當人物進入到廚房時，可透過感測讀數判斷人物是否出現，進而自動化開啟或關閉照明。畫面右下角為平面圖。此模擬之展示影片可參照 <https://youtu.be/jPsZft1i4sM>。



(a) 人物進入至房間一



(b) 人物進入房間一時，不同感測器之讀數

圖 4.4-1、智慧居家之節能應用成果圖

2. 智慧居家之防盜管理

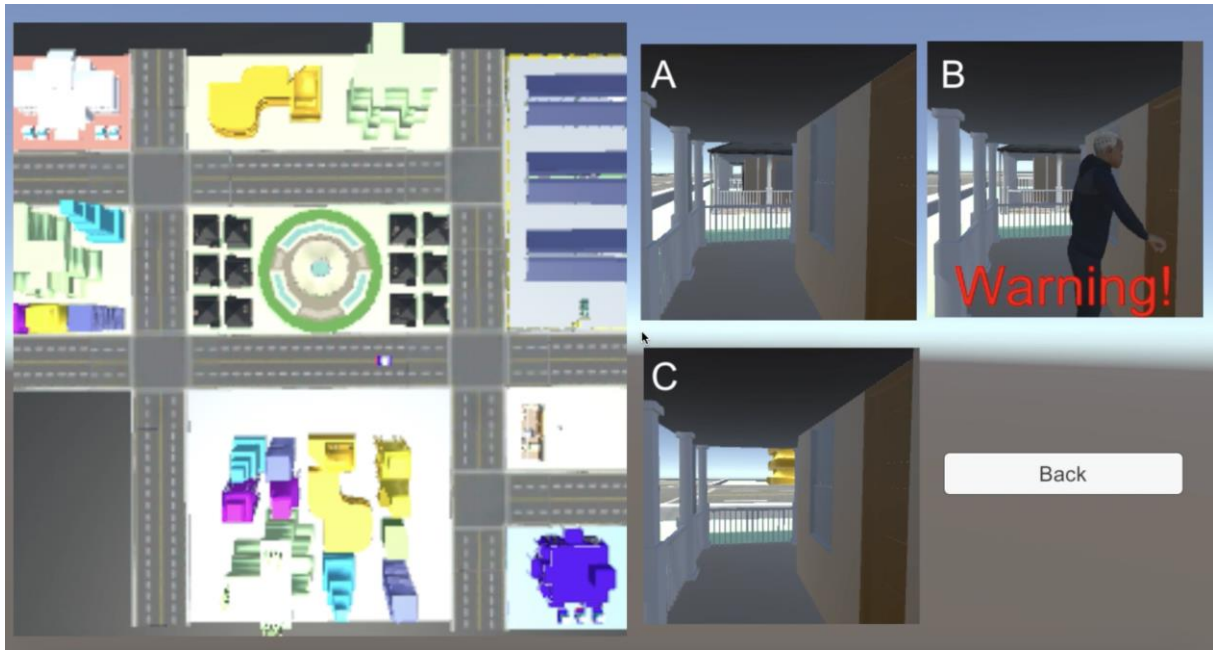
本模擬應用安裝物聯網感測器於門上，當有小偷嘗試破壞門鎖入侵

房屋時，該裝置可輸入對應讀數至感測資料庫。而所開發之防盜應用腳本可即時從資料庫獲得對應讀數並獲知此事件之發生，進而觸發警報將監視畫面傳送給居家主人，同時通報警調或保全單位，引導相關人員至入侵者位置，確保居家安全。

實際開發之模擬程式以鍵盤操作，如 W 控制人物向前走、A 控制人物向左轉、S 控制人物向後走、D 控制人物向右轉、O 控制人物開門、M 查看數據頁面。如圖 4.4-2 所示，當控制人物嘗試進入某房屋時，可透過感測讀數判斷是否有防盜事件出現，進而通報警調單位進行追捕。監視畫面為三個房屋之監視器畫面。畫面左側為平面圖，正中間之車輛為所模擬之警車。此模擬之展示影片可參照 <https://youtu.be/7-5qB129ogQ>。



(a) 控制人物接近房屋大門



(b) 當觸發警報，派遣警車至現場

圖 4.4-2、智慧居家之防盜應用成果圖

3. 停車場導引與節能

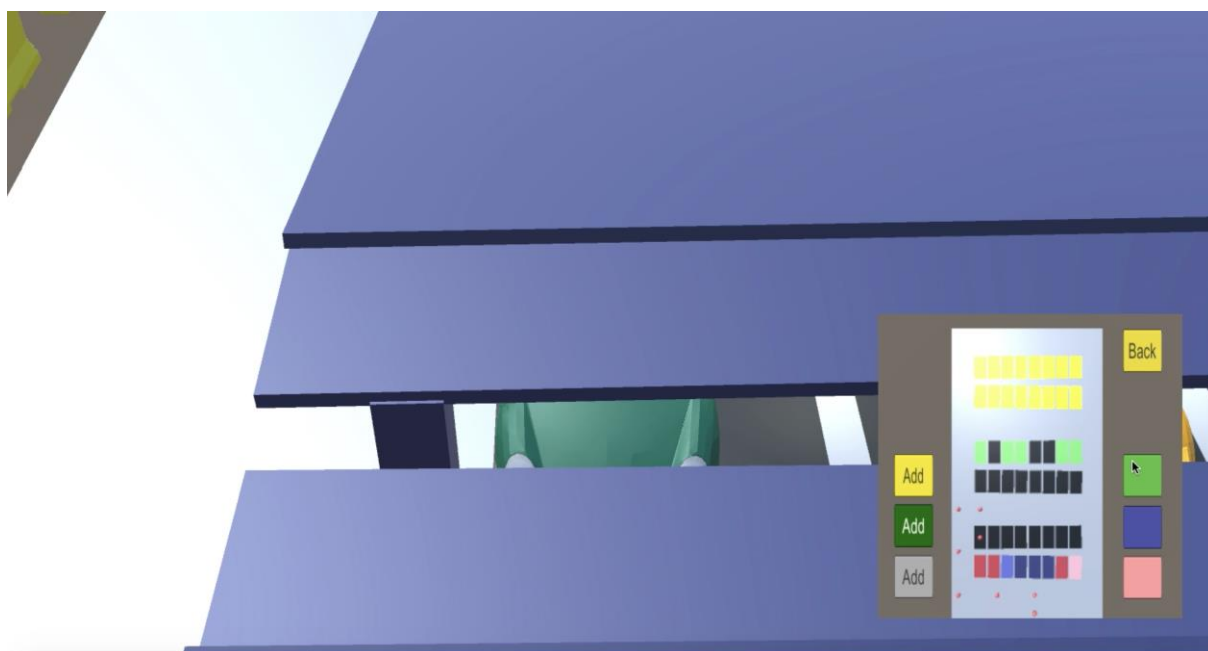
為了有效率的指引車輛至空位停放，在各停車位上設置裝置監測停車位之使用狀況，同時區分一般車位、殘障車位、和親子車位。透過即時整合停車空位資訊，將各個停車空位之讀數匯入至感測資料庫，再由所開發之停車場導引應用腳本獲取感測資料，提供使用者合適的停車位並引導使用者至該空位，節省尋找停車空位的時間。此外，該腳本可透過判斷未停車區域，將該區域的照明裝置降低或關閉，以達節能之目的。

實際開發之模擬程式以按鈕及鍵盤操作，如可透過按鈕選擇不同類型之停車位(綠色為一般車位、藍色為殘障車位、紅色為親子車位)、

亦可透過按鈕增加車輛以模擬節能情境、C 切換到停車場後方之視角以查看節能情境、W 控制車輛向前走、A 控制車輛向左轉、S 控制車輛向後走、D 控制車輛向右轉。如圖 4.4-3 所示，根據使用者所選擇之車位類型，於右下方平面圖提供最短路徑前往停車空位，最短路徑如右下方平面圖中紅點所示，使用者控制車輛前往停車位停放，停放完成後，感測器獲知該車位停放車輛中，並更改停車格顏色。此外，此應用可增加車輛數量，由應用腳本自動化判斷是否開啟或關閉照明設備，以達節能目的。此模擬之展示影片可參照 [https://youtu.be/hiiOA-emmrqc](https://youtu.be/hiiOA-emrqc)。



(a) 控制車輛根據導航點前往最近的停車空位



(b) 車輛停放完成，感測器得知該車位停放車輛中



(c) 根據車輛數量及停放位置開啟照明設備

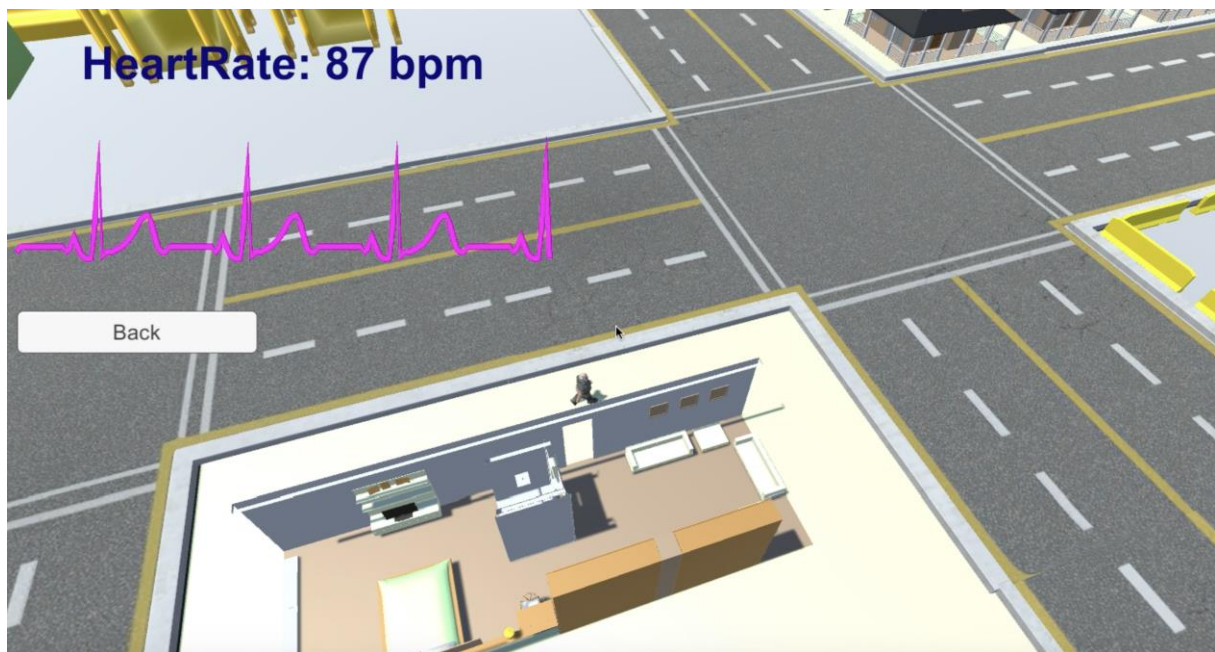
圖 4.4-3、停車場導引與節能應用成果圖

4. 遠距救護

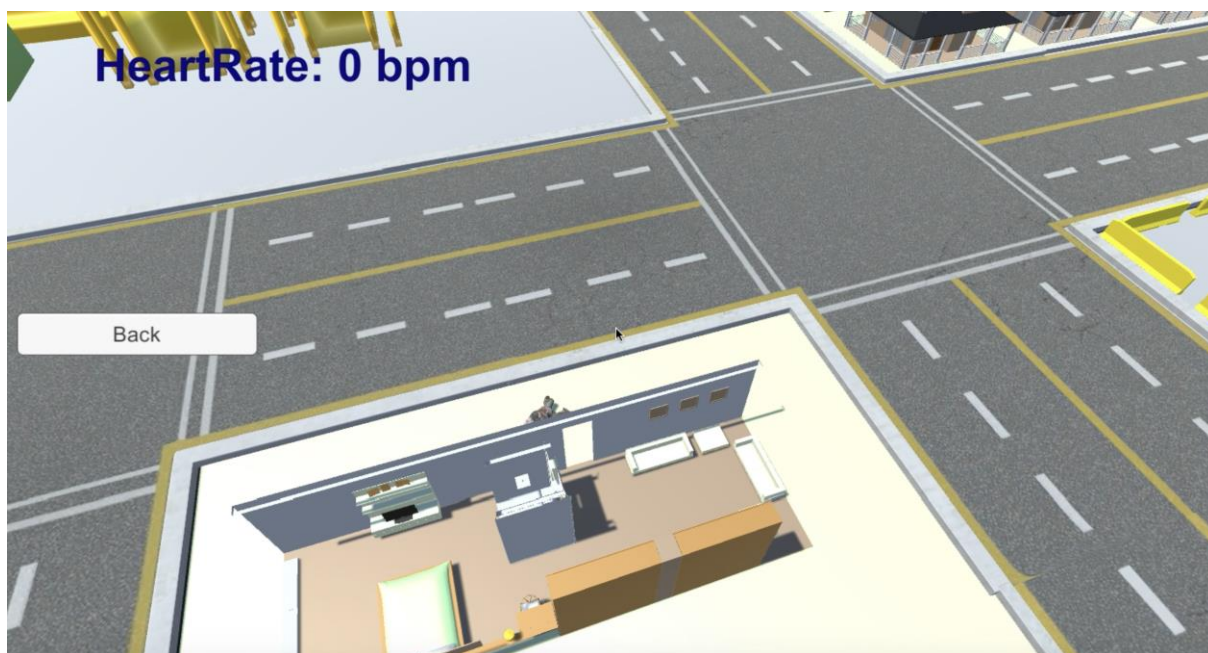
透過穿戴式裝置掌握目標(如獨居年長者)之即時生理狀況與位置，當發現異常時，則自動通報救護單位至該地點進行即時救護。確切而

言，本模擬產生心跳數據及目標位置，持續匯入感測資料庫，並開發遠距救護腳本持續獲取新的讀數並設定門檻條件進行異常判斷。當異常現象發生時，該腳本向救護人員通報目標所在位置，並依路網資訊提供救護之最短路徑規劃。

實際開發之模擬程式使人物隨機移動再以 Q 鍵觸發跌倒事件，W 切換至俯瞰視角、E 切換至房屋視角。如圖 4.4-4 所示，人物隨機移動，並在畫面上顯示模擬之心跳數據。當觸發跌倒事件，人物跌倒並將心跳數據設定為零，此時應用腳本由資料庫得知此事件並派遣救護車至人物所在位置進行救護。此模擬之展示影片可參照 <https://youtu.be/7UDDeqv1SFU>。



(a) 人物隨機移動並展示心跳數據



(b) 觸發人物跌倒事件，心跳數據異常



(c) 派遣救護車至人物位置進行救護

圖 4.4-4、遠距救護應用成果圖

4.4.2 模擬基於三維圖資與路網資訊整合路側影像感測器，發展具跨影像區域分析及物件追蹤之智慧防救災整合技術

路側影像感測器(如 CCTV 攝影機)具有嚴重的異質性，許多政府機關跟民間單位皆設有各自的 CCTV 攝影機網路，如交通部、水利署、水保局、銀行、工廠、及許多中小型企業等，造成影像資料流整合應用極為困難。

首先，為整合異質性的 CCTV 攝影機，須以開放式標準統一攝影機資源獲取的通訊協定，進而避免異質性物聯網資源整合的客製化開發成本。隨著物聯網相關開放標準定義的資料模型和網絡協定日漸成熟，物聯網物件及其感測資料可經由互操作化(interoperable)的方式串聯起來，進而以高時間與空間尺度監測環境。關於 CCTV 攝影機資料之標準化，民生公共物聯網之計畫執行已有相關探討，透過制定 CCTV 攝影機資源的統一描述，以 OGC SensorThings API 開放式標準提供所拍攝到的影像，異質 CCTV 攝影機資料之獲取問題可經此解決。因此，本工作項目針對於多個 CCTV 攝影機影像之物件追蹤進行技術研發。

跨 CCTV 攝影機影像之移動物件追蹤技術具有許多的應用潛力，不論是類似於 Amazon 的無人商店、獨居老人或失蹤人口之追蹤、犯罪逃逸追蹤、寵物失蹤尋找、甚至於傳染病者接觸範圍追蹤等應用。而在進行跨影像移動物件追蹤時，三維圖資及路網資訊應可輔助評估移動物件出現之合理性，並幫助連結不同影像所追蹤到之移動物件。圖 4.4-5 為所提出之系統流程，

主要包含以下五個步驟。

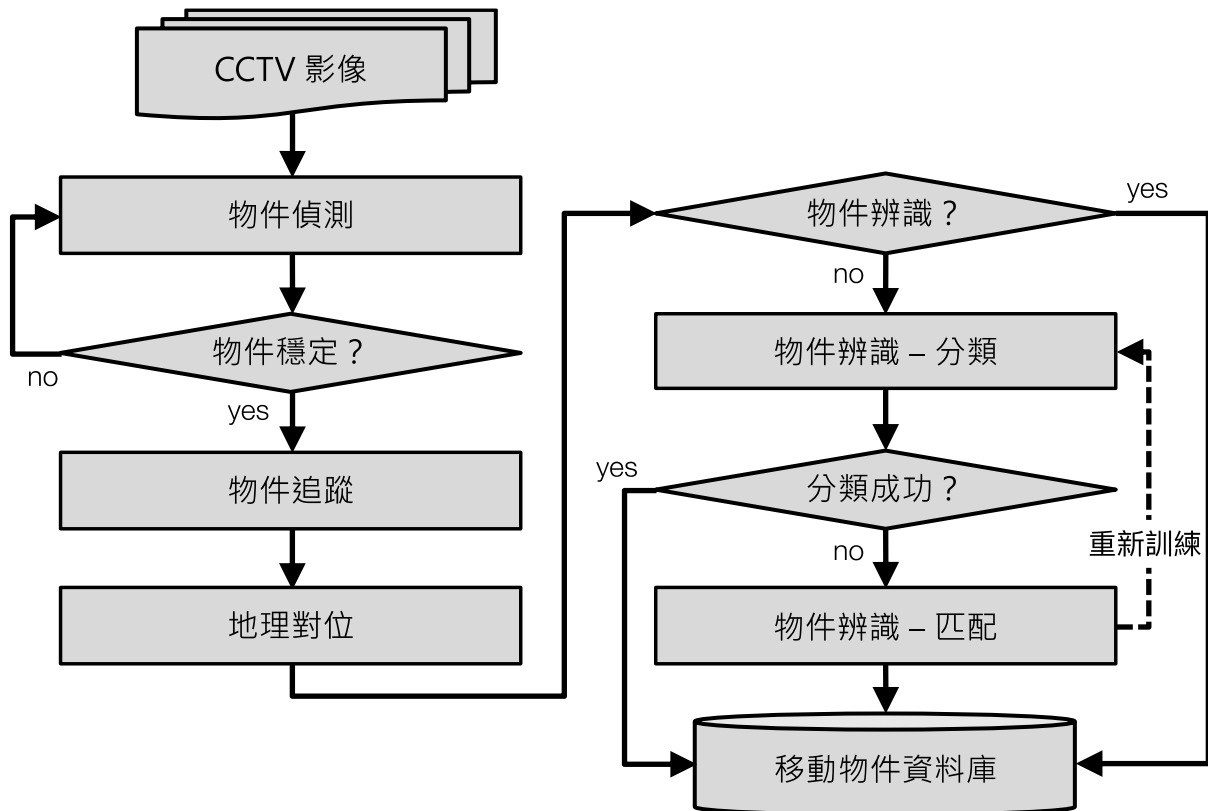
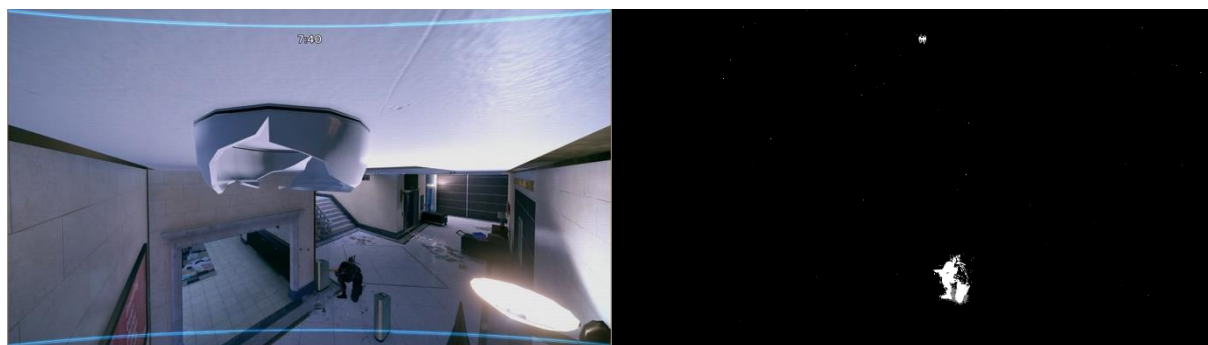


圖 4.4-5、跨 CCTV 攝影機移動物件追蹤系統流程

1. 移動物件偵測(Detection)：首先，CCTV 攝影機資源可用以比對其背景影像(無移動物件之影像)及實時影像，以萃取移動物件之位置及影像。此步驟使用 mixture of gaussians (MOG)演算法進行背景分離，較可避免漸變的光照變化及陰影，如圖 4.4-6 所示。獲得 MOG 前景影像後，配合形態學處理剔除過小之物件並連結破碎之形狀，如下圖所示。最終，取得各移動物件區域之邊界框，進行鄰近邊界框的合併，以得到較為穩定之各幀移動物件位置。

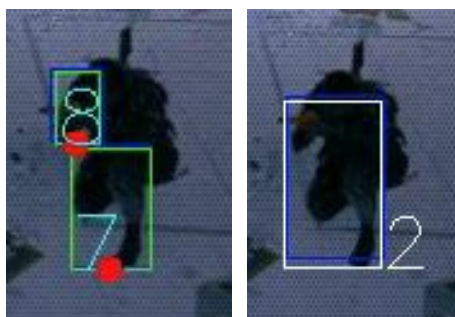


(a) 原始影像及 MOG 前景影像抓取移動物件所在



Opening Closing Thresholding

(b) 形態學濾除雜訊



(c) 合併臨近之邊界框

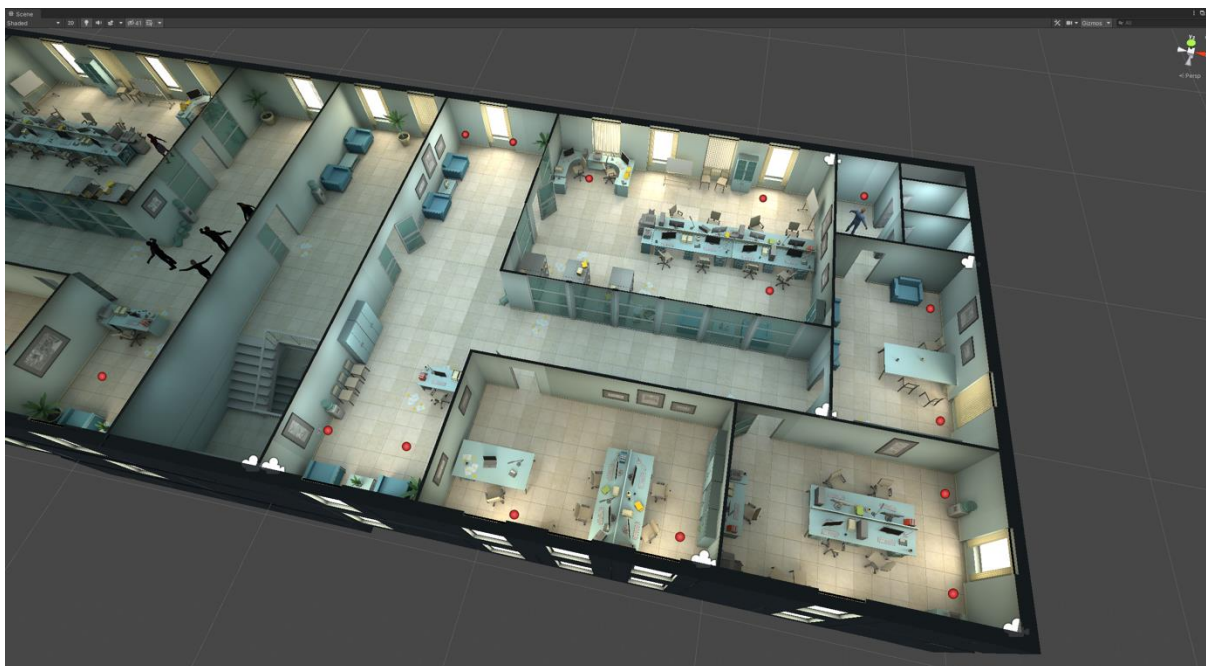
圖 4.4-6、移動物件偵測測試成果

2. 移動物件追蹤(Tracking)：經由判斷獲得穩定之移動物件邊界框後，匯入至類神經網路追蹤器 Re^3 ，進行訓練及追蹤。 Re^3 追蹤器具有遞迴神經網路之設計，可解決畫面短時間遮蔽或大量雜訊的問題，避免丟失移動物件之追蹤。而當追蹤的移動物件邊界框數幀皆無 MOG 前景資訊後，則關閉該物件之 Re^3 追蹤器。

3. 地理對位(Geo-matching): 前兩步驟在單一 CCTV 影像進行移動物件之偵測與追蹤，而跨影像之移動物件連結則在此步驟進行。此步驟預先測量 CCTV 影像涵蓋範圍之坐標、利用特徵點求取 Homography 轉換參數、將前一步驟追蹤到的物件投影至相同坐標系統、進行時間對位及空間對位、最終判斷是否為相同物件進行連結。
4. 物件辨識之分類(Classification): 萃取出之移動物件影像將傳至類神經網路分類器。若分類成功，代表該物件過去已曾出現，則可直接於移動物件資料庫建立其移動歷程。若分類失敗，則送至下一步驟進行物件影像匹配。
5. 物件辨識之匹配(Matching): 影像匹配將比對無法分類物件之影像資料庫及目前之移動物件影像，進而判斷此物件是否曾經出現。此設計之概念為，類神經網路分類器之訓練耗時，不易達成即時訓練，故使用影像匹配支援分類器還未能辨識之物件。若判斷為新的物件，則於影像資料庫建立其類別，並持續擴充其影像資料。系統週期性地使用影像資料庫重新訓練分類器，使分類器能夠辨認這些新的移動物件。此處之影像匹配方式為透過捲積類神經網路模型萃取移動物件之特徵向量，與影像資料庫中移動物件之特徵向量比對，計算 cosine 相似度以判斷是否為相同物件。此處所測試的類神經網路模型為 VGG16 及 ResNet-50。最終，在物件辨識完成後，物件之移動

軌跡則記錄於移動物件資料庫。

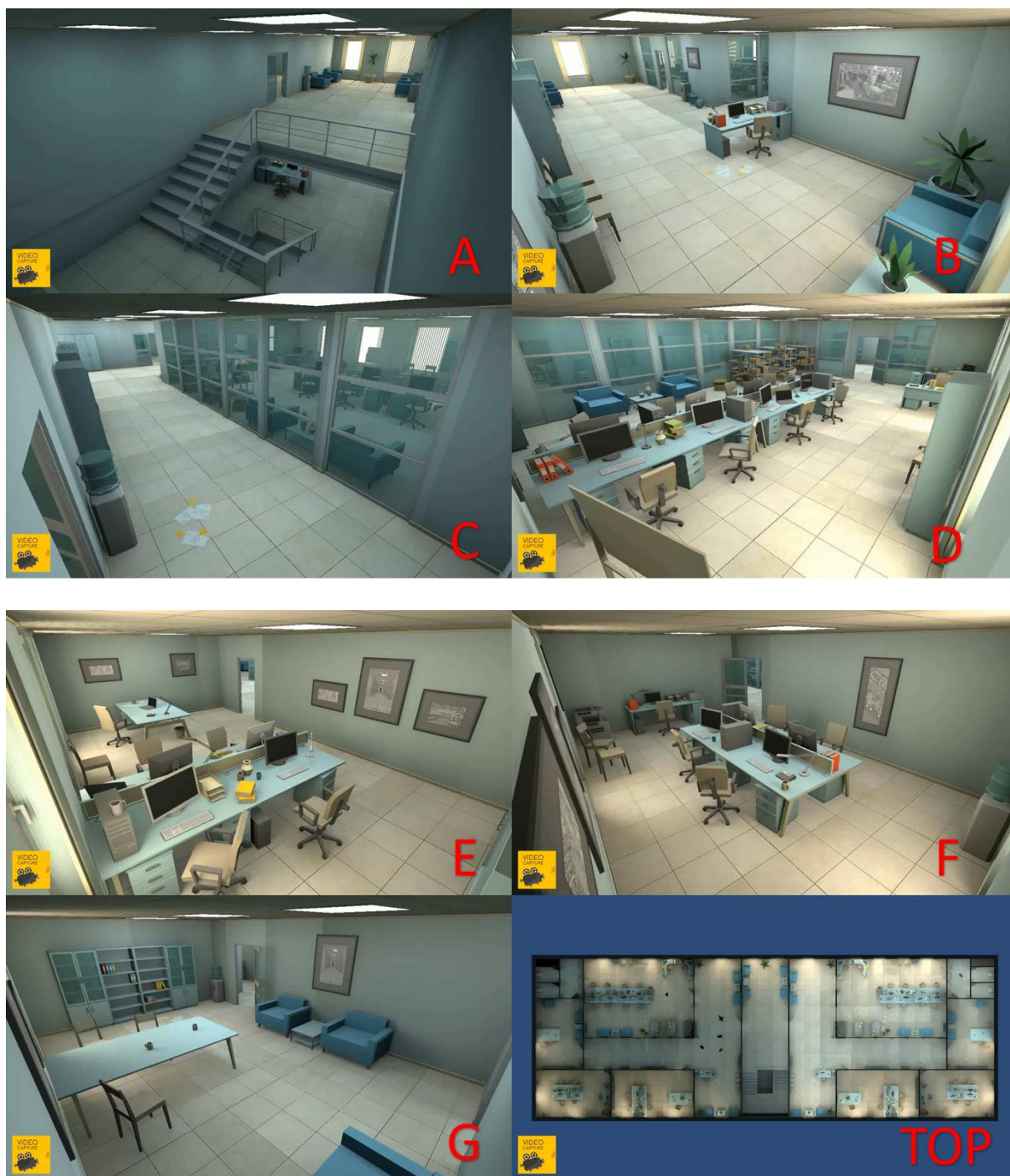
此工作項目在 Unity 建立辦公室場景，並模擬不同人物在此場景移動，並設定數個不同位置及視角的攝影機進行錄影，如圖 4.4-7 所示。



(a) 辦公室側視圖



(b) 俯視圖及攝影機位置



(c) 各視角之攝影機影像

圖 4.4-7、測試場域及攝影機影像

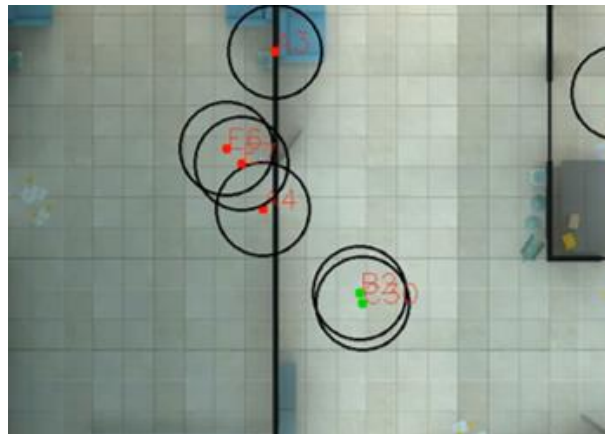
跨影像物件連結之成果如圖 4.4-8 所示，將所有攝影機所拍攝到之物件坐標投影至同一平面坐標系統。各物件皆以紅點標示在平面圖上，並給定

誤差範圍，如圖中各點之圓圈範圍所示。在誤差範圍內的物件將會被認定是候選物件。若物件與候選物件距離小於誤差範圍超過所設定之時間門檻，便會認定是相同物件，並進行連結記錄。此項工作主要的誤差來源為前述的偵測及追蹤所產生的邊界框，若邊界框可覆蓋移動物件而且物件未受到遮蔽，地理對位可有效的連結不同攝影機所拍攝到之相同物件。



(a) 攝影機 B 影像偵測移動物件 B2

(b) 攝影機 C 影像偵測移動物件 C30



(c) 投影至相同平面坐標進行連結移動物件 B2 及 C30

圖 4.4-8、地理對位之測試成果

物件辨識時，在每幀處理程序結束時，對於該幀中的物件進行特徵匹配。考量匹配的可靠度，僅針對影像資料庫中有 10 張移動物件訓練影像且

影像尺寸超過類神經網路需求之物件進行匹配。其中，成功的案例如圖 4.4-9 所示，在不同攝影機下同一物件被分類至同一類別，亦即物件上所標註的「Class 4」。



圖 4.4-9、移動物件辨識之成功案例

然而，物件辨識仍面臨一些挑戰，如圖 4.4-10 所示，影像資料庫中具有五個可供辨識的移動物件各十個幀之訓練資料，並以十個測試的移動物件各十個連續幀進行測試。兩種類神經網路所得成果如圖 4.4-11 與圖 4.4-12 所示，其中紅框所標註之類別為正確答案。由圖中可看出多數案例可由平均相似度成功找到正確的類別，而絕大多數可由最高相似度找到正確答案。然而，即便非正確的類別，多數的相似度都偏高，此現象將造成當一個移動物件為全新的移動物件時，此物件辨識程序或將該移動物件辨認為錯誤的類別。而造成相似度偏高的原因推測為背景資訊相似或影像尺度不足所造成之影響，有待後續再做測試與觀察。

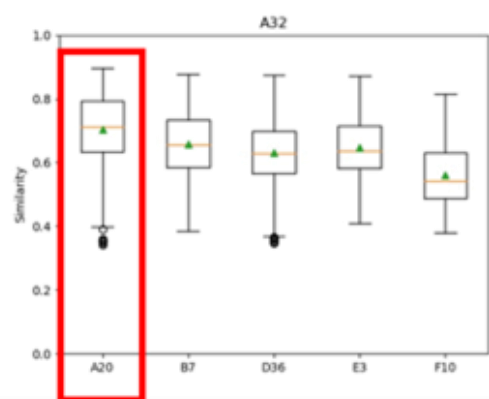


(a) 影像資料庫中移動物件類別

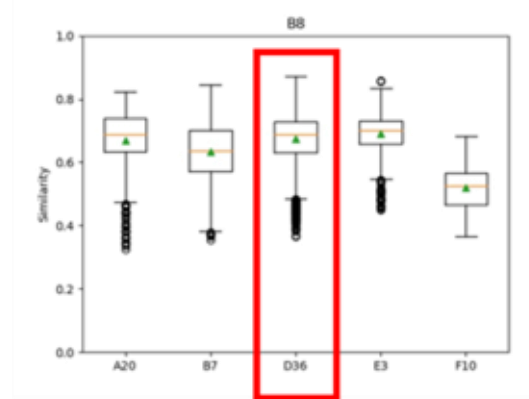


(b) 測試之移動物件

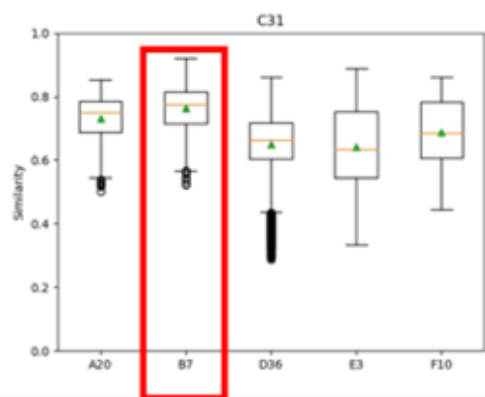
圖 4.4-10、移動物件辨識之測試成果



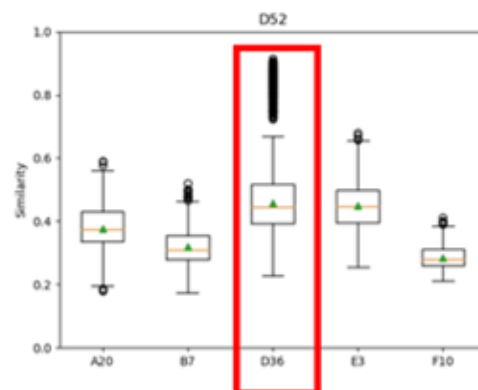
(a) A32



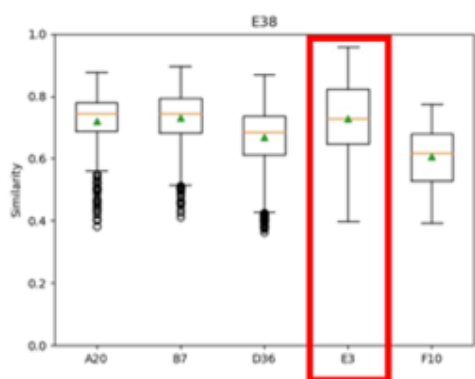
(b) B8



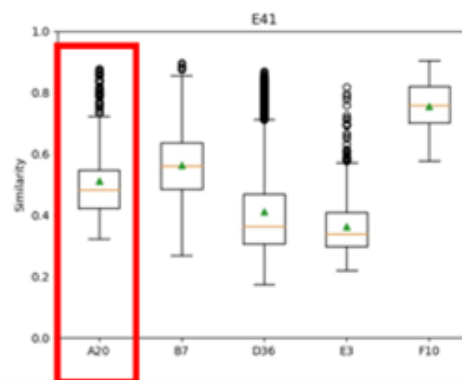
(c) C31



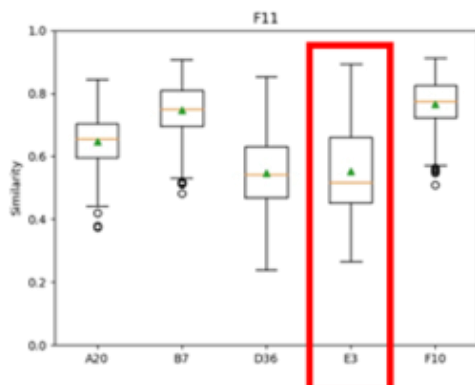
(d) D52



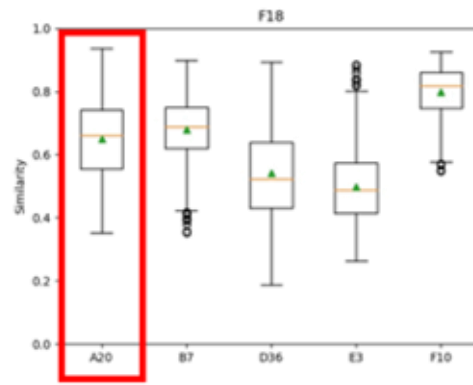
(e) E38



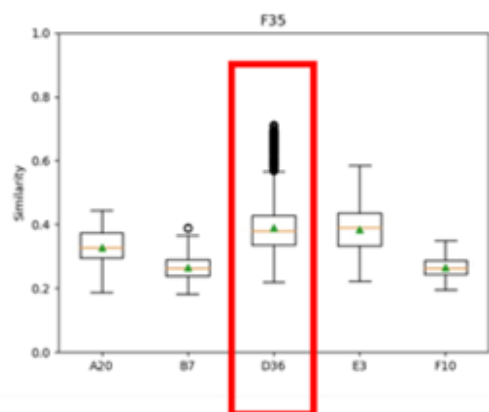
(f) E41



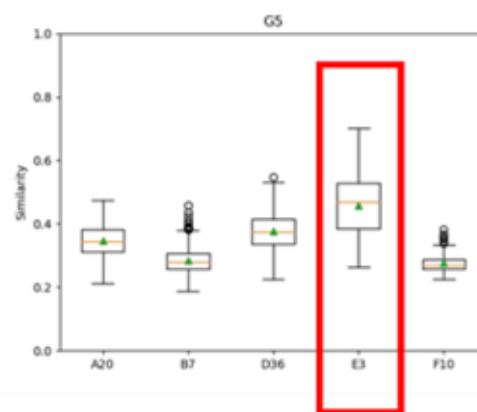
(g) F11



(h) F18

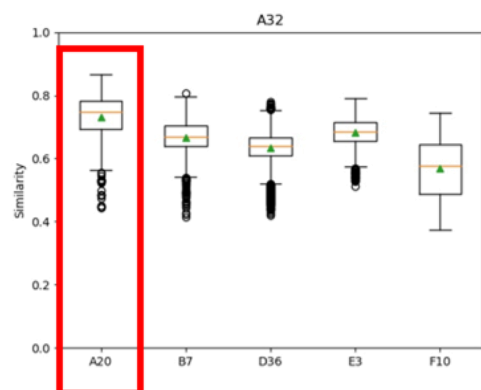


(i) F35

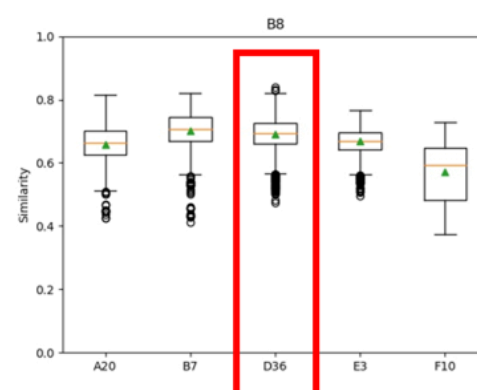


(j) G5

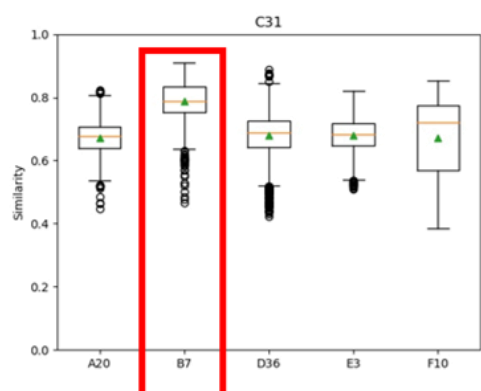
圖 4.4-11、VGG16 移動物件特徵所計算之相似度



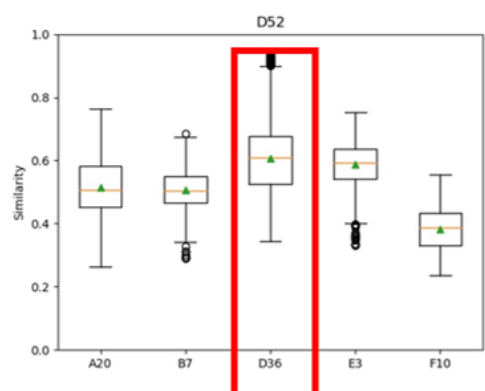
(a) A32



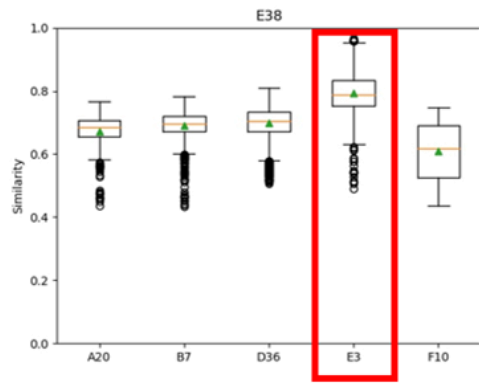
(b) B8



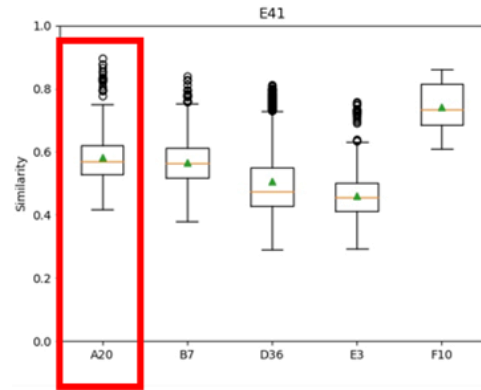
(c) C31



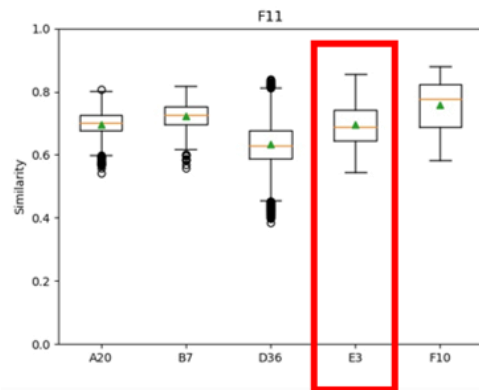
(d) D52



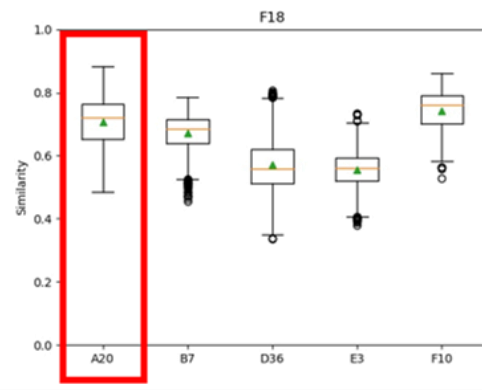
(e) E38



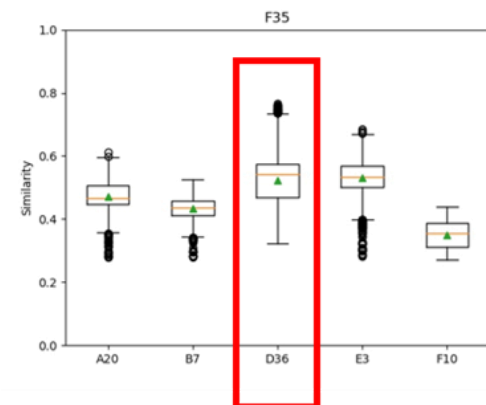
(f) E41



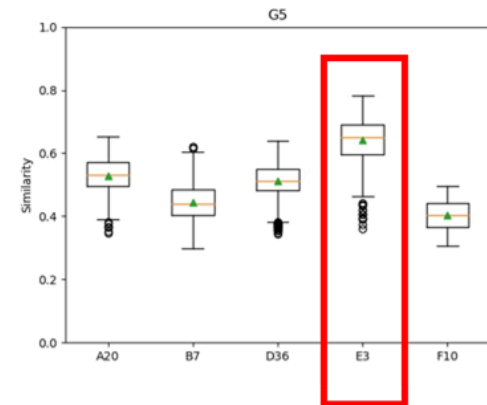
(g) F11



(h) F18



(i) F35



(j) G5

圖 4.4-12、ResNet-50 移動物件特徵所計算之相似度

4.4.3 以實際場域進行適地性服務應用試辦，其試辦方式與場域選擇需與內

政部討論定案；前述試辦本團隊需自行取得相關資料或建置物聯網相

關所需裝置

本項工作預計以國立中央大學研究中心大樓二期作為試辦地點，考量試辦地點之可用資源，進行跨 CCTV 攝影機影像移動物件追蹤之應用，圖 4.4-13 顯示攝影機之位置與視角。

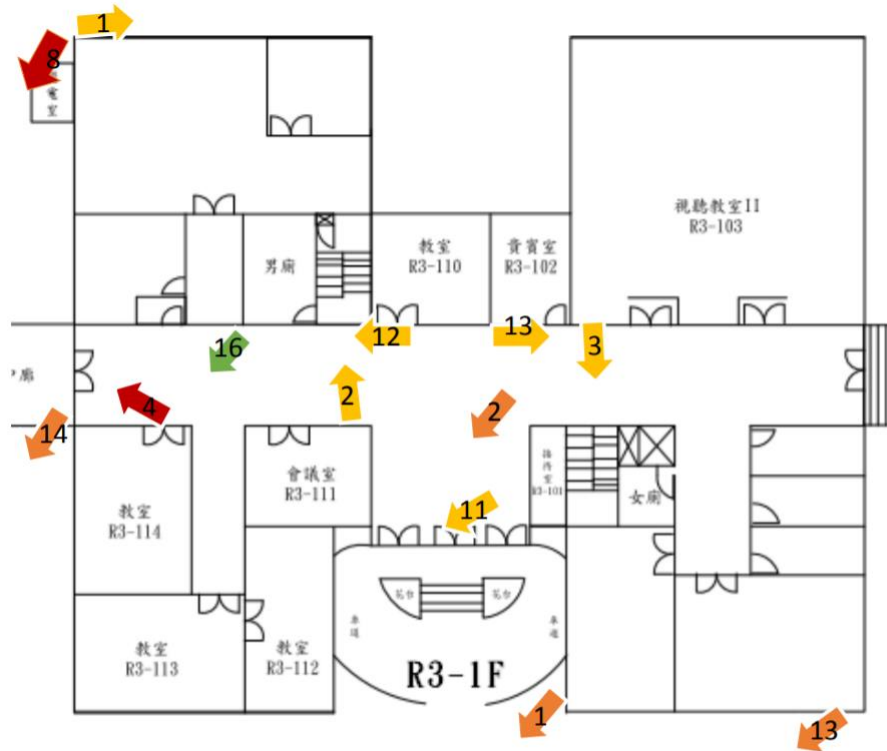


圖 4.4-13、國立中央大學研究中心大樓二期平面圖

透過獲取這些實際 CCTV 攝影機所拍攝之影像後，發現有許多需要事先解決的問題。例如，影像拍攝頻率不同，多數攝影機僅為 15 fps，而其中兩台攝影機為 5 fps，除了對於 Re^3 追蹤器造成影響，亦需要進行幀數同步。再者，不同攝影機具有時間不同步的問題，差異甚至相差至 30 秒，對於地理對位會造成影響。此外，這些 CCTV 攝影機之解析度僅 480p，且色調不一且偏暗，造成 MOG 背景濾除及物件辨識特徵萃取成果不佳。然而，即便

如此，若能在不同攝影機影像成功取得移動物件之邊界框，地理對位仍能有效連結移動物件，如圖 4.4-14 所追蹤到之 Class 59 所示。



(a) 視角 1 所拍攝之影像

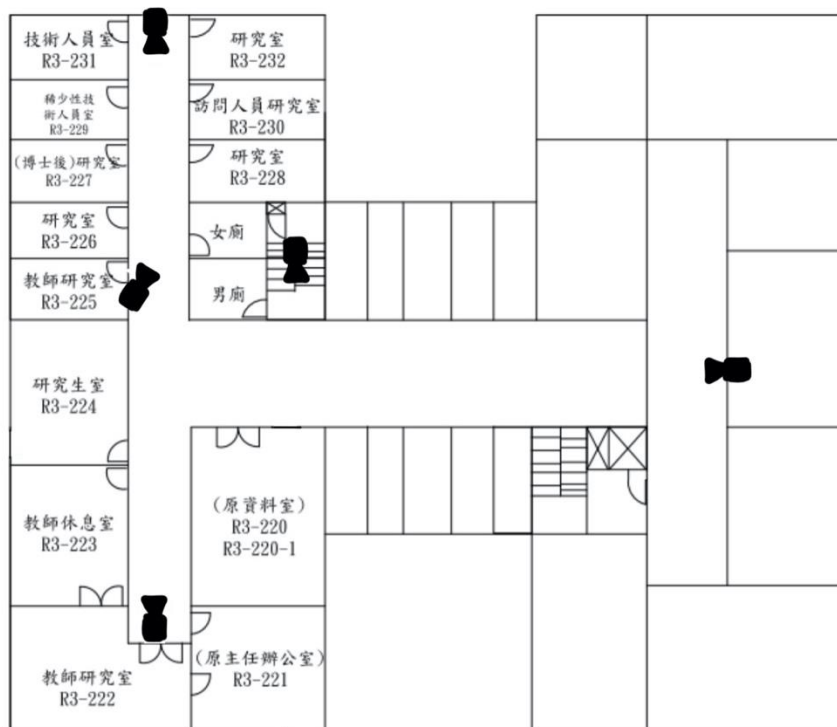


(b) 視角 2 所拍攝之影像

圖 4.4-14、實際 CCTV 影像之測試成果

除了後續嘗試由影像前處理或調整物件偵測參數以解決真實 CCTV 攝影機品質不佳的問題外，本工作項目亦嘗試自行錄製品質較佳的實際影像

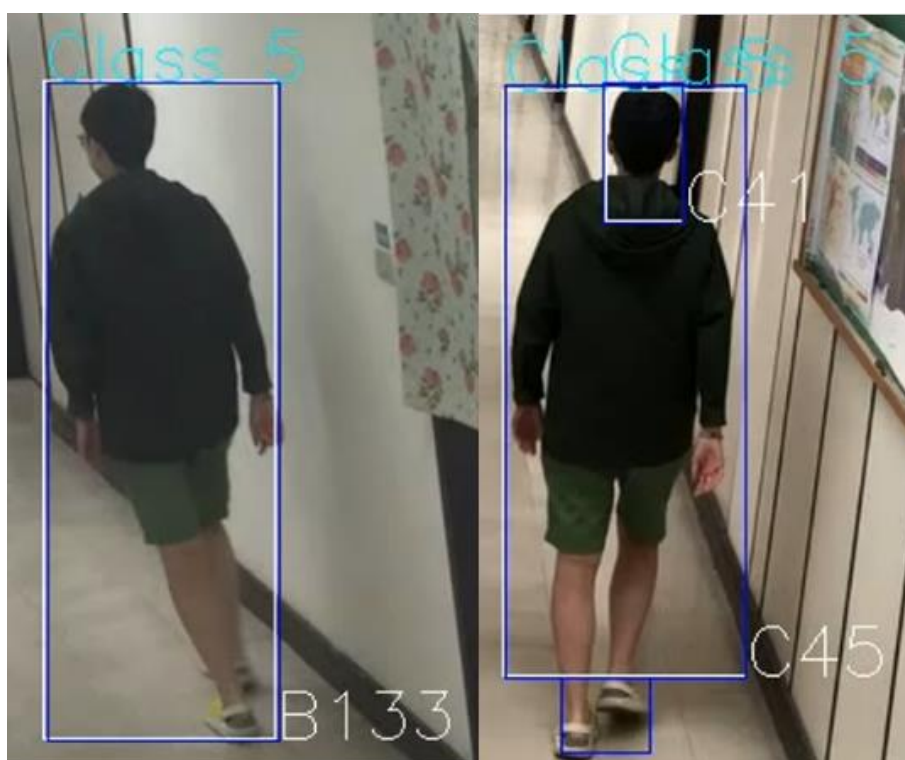
進行所開發演算法流程之測試。所架設之攝影機位置如下圖所示，共 5 台攝影機拍攝 720p 畫質 30 fps 之影像。雖然影像中仍受光源、陰影、及雜訊的影響，造成偵測及追蹤之邊界框不如模擬的資料為佳，亦影響後續的地理對位及特徵匹配，但仍可看出在移動物件視角相近的狀況下，移動物件辨識的成功率較高，如圖 4.4-15 所示。本工作項目所面臨的問題將持續嘗試測試與觀察，進而得到更高精度的跨 CCTV 攝影機移動物件追蹤技術，並在後續年度演練實際場域應用，並且或可與更多物聯網資訊整合，作為其中一種重要的移動物件路徑資訊來源。



(a) 攝影機之方位



(b) 成功辨識之 Class 6 物件



(d) 成功辨識之 Class 5 物件

圖 4.4-15、實際高品質影像之測試成果

4.5 數據分析與科教活動

4.5.1 辦理高程基準潮位站數據分析工作，其至少須包含基隆與東沙潮位站數據

本(109)年度以完成基隆潮位站音波式、壓力式及雷達式潮位計之數據分析與比較；並完成東沙潮位站壓力式潮位計之數據分析。本年度具體完成至 2020/10/20 的潮位數據蒐集及分析，未來可應用於建置高程參考基準所需數據。

高程基準潮位站數據分析分析基隆新設及東沙潮位站數據，前者設置於基隆市長潭里海洋科技博物館園區範圍內，距離水準原點現址直線距離約 60 m，除基礎資料建置外，更提供海科館科學教育之輔助。後者設置於東沙環礁東沙島，東沙潮位站為該島基礎空間建設之一部，提供該區域岸際潮位觀測資料，不僅是可以提供高程參考基準，亦為基本海象資料建置之一環。透過潮位站進行歷年潮位數據之調和分析，獲得重組後之平均海水面高，可做為未來正高高程系統執行方式中參考面之參考。

潮位資料以 Matlab 程式語言建構之 UTide 程式進行調和分析(Harmonic Analysis) (Codiga, 2011)，UTide 程式為美國羅德島大學(University of Rhode Island, URI)所開發的潮位分析程式，以 Foreman (1977)與 Foreman (1978)之 FORTRAN 程式碼為基礎發展而來，其分析振幅與相位角之演算法乃根據

T_Tide (Pawlowicz et al., 2002)、r_T_Tide (Leffler and Jay, 2009)與 versatile (Foreman et al., 2009)為基礎，UTide 主要有兩種分析方法(Codiga, 2011)，分別為普通最小平方法(Ordinary Least Squares method, OLS)與迭代再加權最小平方法(Iteratively Reweighted Least Squares method, IRLS)配合不同加權函數計算。根據 Codiga (2011)建議之方法，本工作案使用迭代再加權最小平方法以及 UTide 調和分析中預設之柯西加權函數(Cauchy weight function)來進行潮位調和分析。迭代再加權最小平方(Iteratively Reweighted Least Squares, IRLS)可將異常值的影響最小化，其最小化值指在觀測值與模型值之間的加權殘差之量測值或加權錯合(misfit)，其通式如式 4-5-1：

$$m = (B^H W B)^{-1} B^H W x^{raw} \quad \text{式 4-5-1}$$

其中 W 為對角矩陣對角線上的純量權值， m 為模型參數向量， B 為複數值矩陣，上標 H 指共軛轉置， x^{raw} 為觀測值。

潮位分析項目如下：

- (1)以統計方法計算潮位站之平均潮位及平均高潮間隙
- (2)利用調和分析法，將觀測資料之潮汐訊號解析出來，以獲得不同分潮的振幅及相位延遲
- (3)利用調和分析後所獲得主要分潮繪製潮位站之潮位振幅及相位角
- (4)用實測資料進行潮位預報，並與實測資料進行繪製分析比較。

基隆及東沙潮位站建置日期及設備分述如下。

1、基隆潮位站

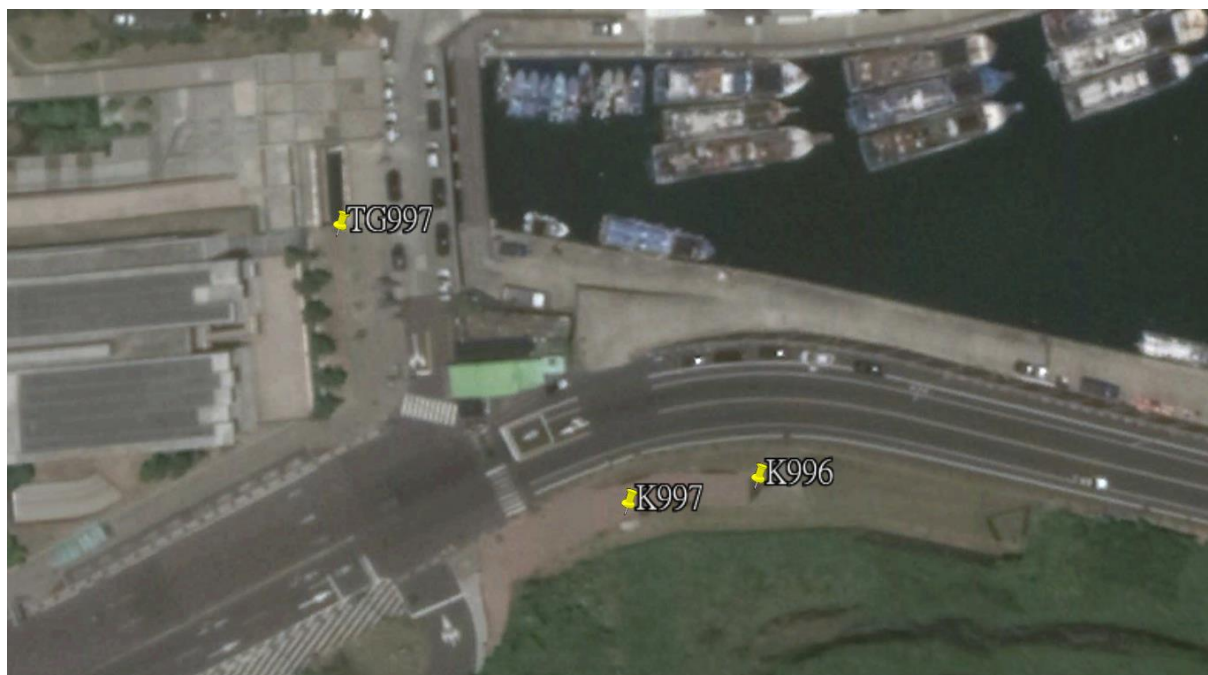
基隆新設潮位站於 2014 年 9 月 23 日完工，潮位站設置於國立海洋科技博物館主題館區（面北寧路 369 巷道）之舊臺電進水口，潮位站以不銹鋼管為靜水井，包含潮位觀測設備、氣象觀測設備（包括氣溫計、氣壓計、海上型風向風速計等）、觀測資料記錄、傳輸及展示設備（包括資料記錄器、太陽能板、充電控制器、GPS 定時器、資訊軟硬體等）。潮位站現況、設備及規格如圖 4.5-1 及表 4.5-1。本站除設置三種依據不同操作原理之水位計外，並設有不銹鋼水尺，以方便直接目視觀測。潮位站鄰近新臺灣水準原點 K997，2014 年設置潮位站後即設置潮位站水準點 TG997(圖 4.5-2)作為參考基準點，並納入國土測繪中心高程基準網，辦理長期且定期檢測工作。由 2010 至 2019 年 K997 相對於一點水準點 K999(圖 4.5-3)高程變化量顯示，K997 自 2014 年起高程變化量均小於 4 mm(圖 4.5-4)，TG997 自設置後高程變化量均小於 4 mm(圖 4.5-5)。107 年度第 2 次高程檢測時顯示該次量測結果與歷年成果不同，108 年度檢測數據亦無此大幅變動現象，參考時忽略該次檢測成果。



圖 4.5-1、基隆潮位站現況

表 4.5-1、基隆潮位站設備、型號及數量

設備名稱	廠牌	型號	量測精度
音波式水位計	Aquatrak	3000XDCR and 4110 Controller	$\pm 0.025\%$ (FS)
連續式壓力式水位計	GE Druck	PTX 1830	$\pm 0.1\%$ (FS)
雷達式水位計	BM Tecnologie Industriali S.R.L.	Radar Level Meter CW Series 26GHz	5mm
水溫計	SETRON	PT-100	$\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ at 0°C
氣溫計	SKYE	SKH2023/1/A	$\pm 0.05^{\circ}\text{C}$ at 0°C
氣壓計	VAISALA	BAROCAP	$\pm 0.35\text{hPa}$
風向風速計	YOUNG	YOUNG 05106	風速量測精度 $\pm 0.3\text{m/s}$ 風向量測精度 $\pm 3^{\circ}$
GPRS 通訊設備	廣新	MA8-2(CWB2)	
RS-232 串列設備聯網伺服器	MOXA	NPort 5210	
資料蒐集記錄器	VAISALA	QML201C	
太陽能板	聚恆	TYNP62409135	
充電控制器	Morningstar	SHS-10	
市電充電器	MEAN WELL	DR-60-12	
電池	YUASA	NP65-12	



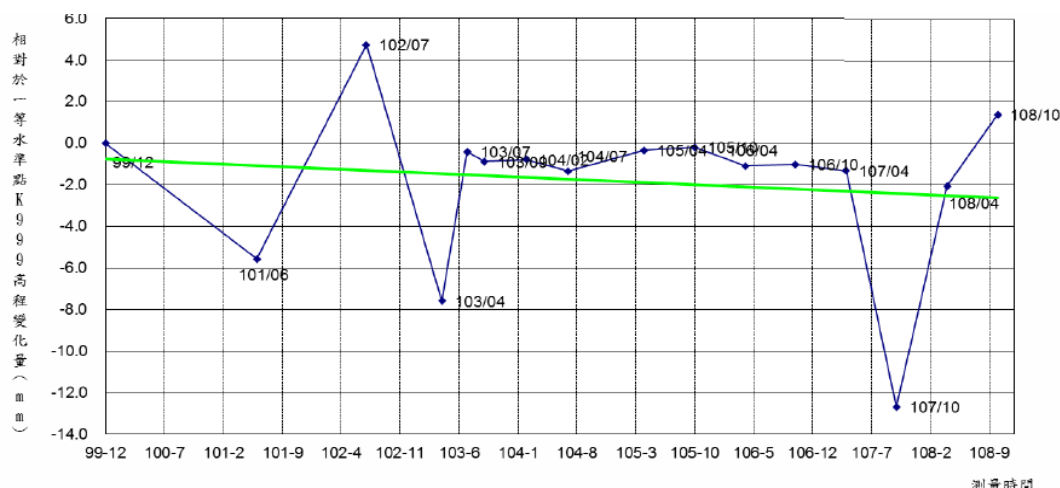
影像來源:google earth

圖 4.5-2、K997、K996 及 TG997 示意圖(影像來源:google earth)



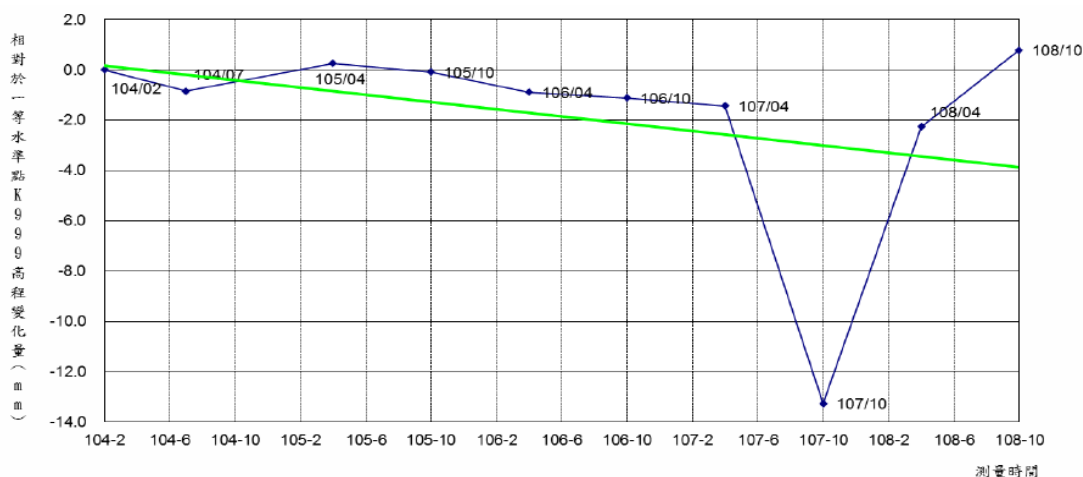
修改自國土測繪中心，2019

圖 4.5-3、臺灣水準原點高程基準網示意圖



國土測繪中心，2019

圖 4.5-4、水準點 K997 穩定性分析圖



國土測繪中心，2019

圖 4.5-5、水準點 TG997 穩定性分析圖

本(109)年度進行音波式、壓力式及雷達式水位計多年期潮位數據分析，音波式開始觀測時間為 2015 年 2 月 3 日，壓力式開始觀測時間為 2014 年 9 月 25 日，雷達式開始觀測時間為 2015 年 4 月 10 日，為比較三種水位計之成果之差異，分析期間統一由 2015 年 4 月 10 日 15:54 至 2020 年 10 月 20 日 23:54。潮位分析數據採用 6 分鐘潮位資料，即為每 10 秒取樣一次，每 6 分鐘之 36 筆取樣資料平均值。

潮位高程以潮位站水準點 TG997 為參考基準點，2018 年採用 2017 年第二次檢測成果，2019 年因 2018 年第二次檢測之高程數據受引測點影響，不予採用，故持續沿用 2017 年結果，2020 年採用 2019 年第二次檢測結果。

本工作案於 2020 年 7 月 24 日進行潮位站參考點水準測量(詳附件 E)，氣象局於 2020 年更換潮位站維護廠商，由表 4.5-2 可見，量測結果壓力式水位計及雷達式水位計與 2018 及 2019 年約有 3 公分及 2 公分的差值，壓力式水位計參考面至壓力感測器長度維護廠商量測為 6.760 m，前期量測為 6.722~6.728m，約有 3 公分左右之差值。2020 年 11 月 18 日前往確認，自 2 月 11 日起壓力式水位計感測參考點由原本對齊參考點對齊圖 4.5-6(左)黑色箭頭位置，改至壓力式水位計尖點對齊支桿圖 4.5-6(右)，移動 14 mm，本計畫蒐集之潮位資料為原始資料，已將其差值納入分析。雷達式水位計原參考點化算至雷達式水位計零點，維護廠商以音波式為基準，將參考點零點化算至雷達式水位計參考面，其差值則做為系統參數之 offset，並於維護時寫入。各水位計與水準點 TG997 相對高程如圖 4.5-7、圖 4.5-8 及圖 4.5-9。

表 4.5-2、基隆潮位站 2018 至 2020 年水位計參考點高程

測點	2018/12/04 之高程(m)	2019/8/1 之 高程(m)	2020/02/11 之高程(m) 維護報告	2020/03/03 之高程(m) 維護報告	2020/06/10 之高程(m) 維護報告	2020/07/24 之高程(m)
水準點 TG997	4.6678 (2017/9/5)	4.6678 (2017/9/5)	4.6662 (2019/10)	4.6662 (2019/10)	4.6662 (2019/10)	4.6662 (2019/10)
音波式水位計	1.0956	1.0979	1.11	1.098	1.098	1.0980

測點	2018/12/04 之高程(m)	2019/8/1 之 高程(m)	2020/02/11 之高程(m) 維護報告	2020/03/03 之高程(m) 維護報告	2020/06/10 之高程(m) 維護報告	2020/07/24 之高程(m)
壓力式水位計	-5.6264	-5.6298	-5.650	-5.662	-5.662	-5.6298
雷達式水位計	0.2702	0.2712	0.290	0.290	0.290	0.2680



109/2/11 前感測參考點設置位置



109/2/11 後感測參考點設置位置

圖 4.5-6、基隆潮位站壓力式水位計感測參考點設置位置

- H_{TG997} 高程量測：2019年10月
- 潮位計參考點量測：2020年7月24日

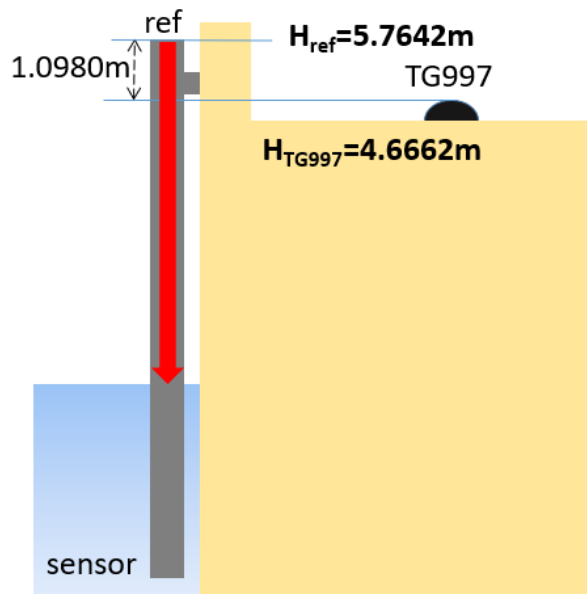


圖 4.5-7、水準點 TG997 與音波式水位計相對高程差

- H_{TG977} 高程量測：2019年10月
- 潮位計參考點量測：2020年07月24日
- 壓力計長度量測：2020年11月18日

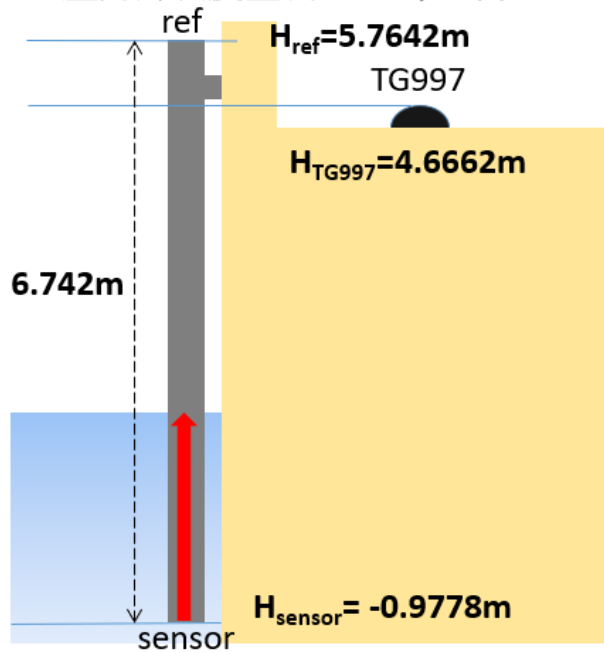


圖 4.5-8、水準點 TG997 與壓力式水位計相對高程差

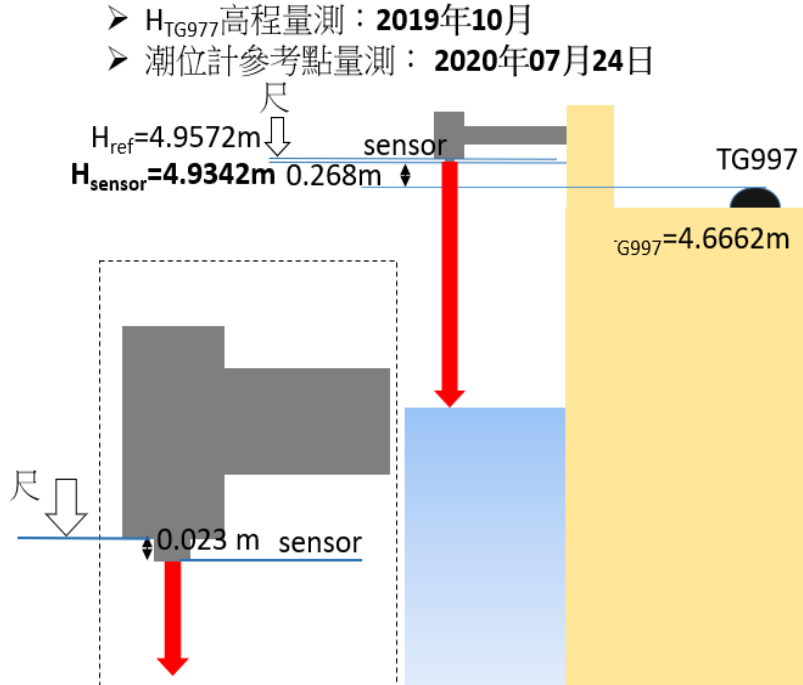


圖 4.5-9、水準點 TG997 與雷達式水位計相對高程差

歷年各水位計異常及排除狀況如表 4.5-3，圖 4.5-10 至圖 4.5-12 分別為音波式、壓力式及雷達式水位計歷年潮位變化，就潮位資料而言，壓力式水位計為最完整，音波式及雷達式於 2015 至 2018 年有較長時間缺乏資料。

表 4.5-3、基隆潮位站水位計異常及排除狀況

期間	水位計種類	發生原因	處理方法
2015/08/03-2015/08/27	壓力式	故障	更換新品
2016/02/24	雷達式	故障	更換新品
2016/10/07	音波式	電路故障	更換新品
2017/12-2018/06	音波式	導音管阻塞	導音管更換
2017/09-2018/07	雷達式	電阻異常	電阻校正
2018/12/04-2018/12/10	音波式	導音管阻塞	水位計校正 導音管更換
2020/04/16-2020/04/21	壓力式	壓力參數異常	參數校正

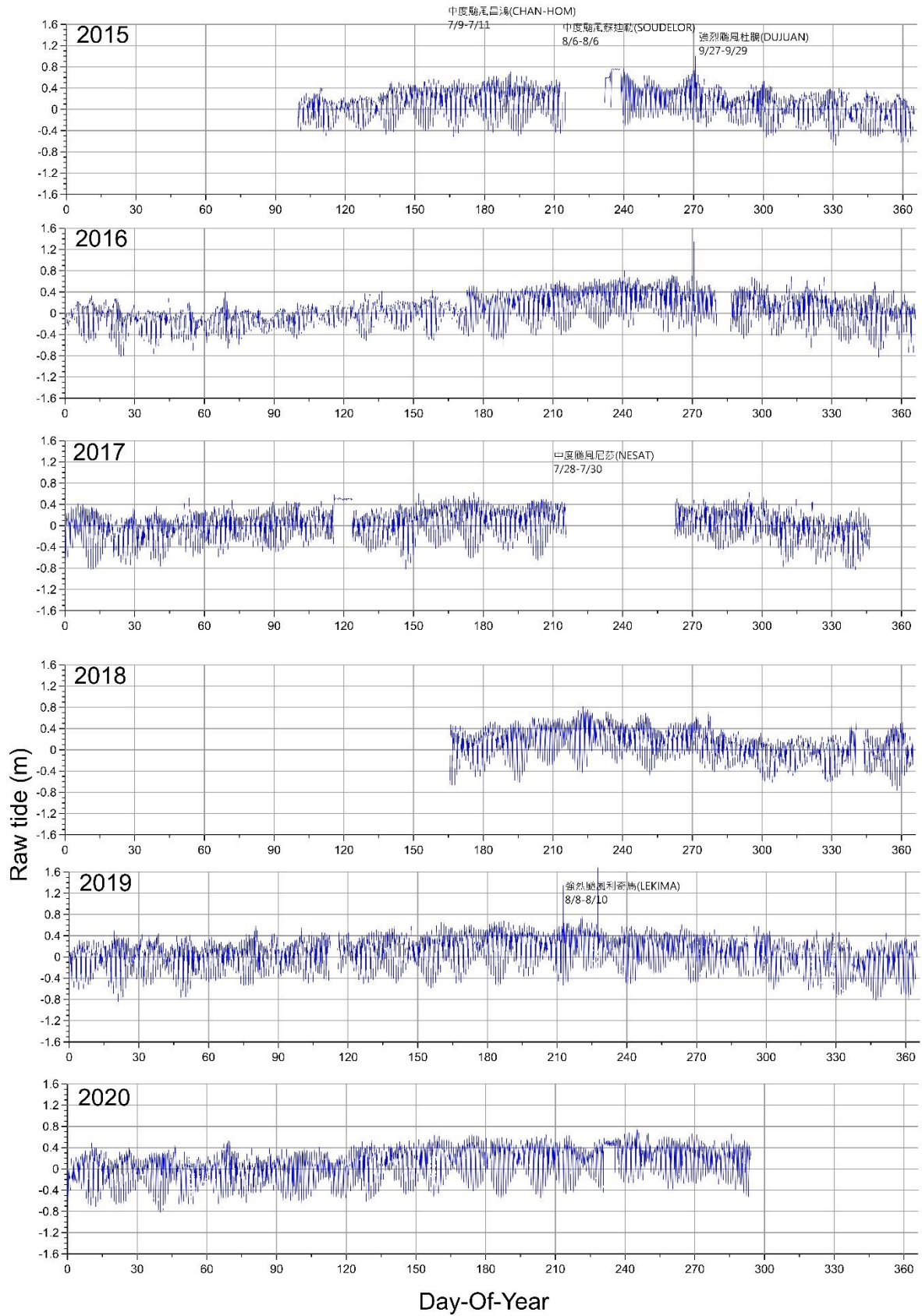


圖 4.5-10、基隆潮位站音波式水位計歷年潮位變化

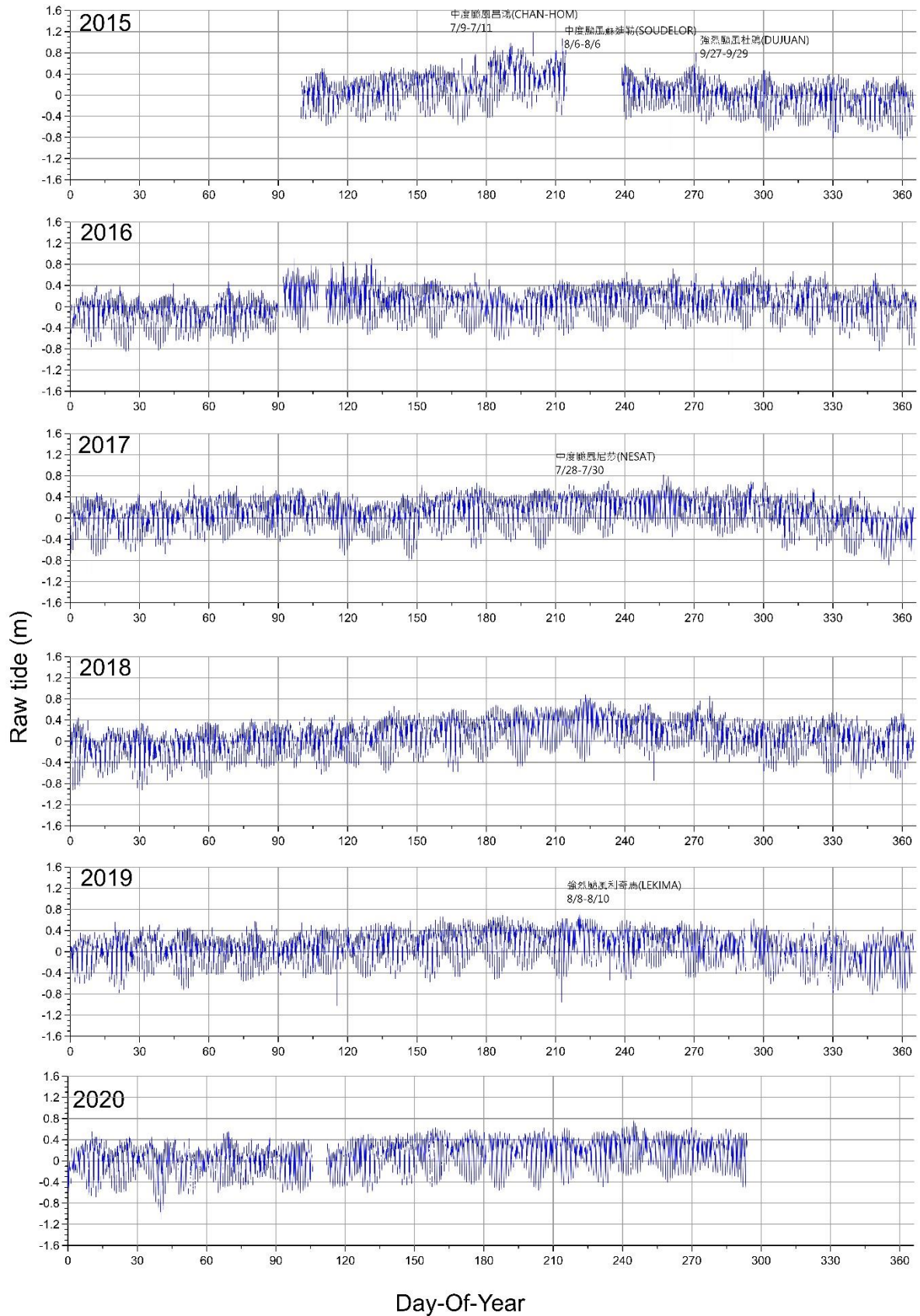


圖 4.5-11、基隆潮位站壓力式水位計歷年潮位變化

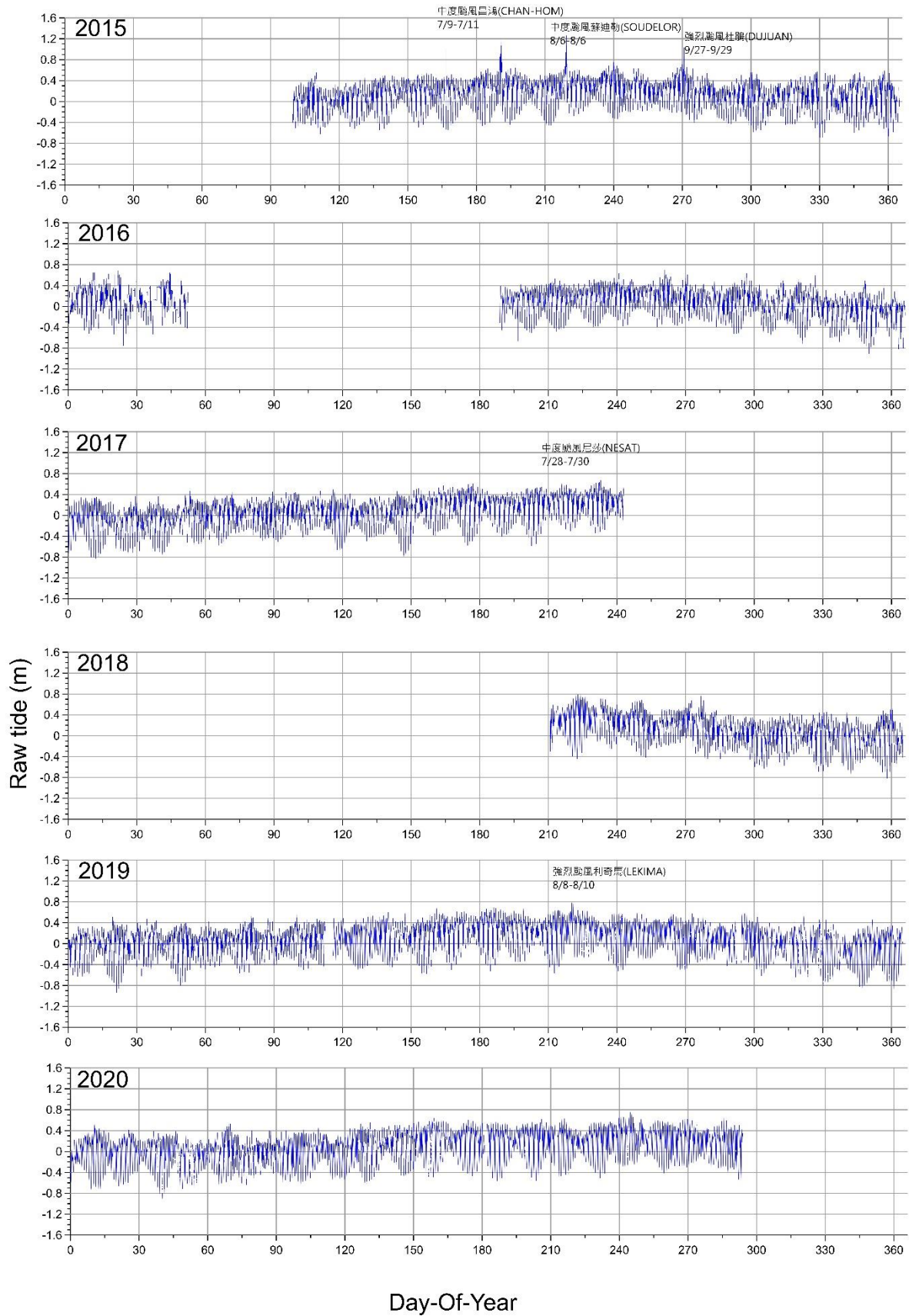


圖 4.5-12、基隆潮位站雷達式水位計歷年潮位變化

近六年之潮位數據經調和分析信噪比(SNR)大於 20，95%信心區間，共解析出 60(音波式)、61(壓力式)及 62(雷達式)個主要分潮，各分潮之頻率、振幅、振幅誤差、相位角、相位角誤差與信噪比詳見附件 F。主要分潮為頻率接近 1/24 (約 0.042)，即為 24 小時附近之全日潮 K1、O1 與 P1，以及頻率為 1/12 (約 0.083)，即為 12 小時附近之半日潮 M2、S2 與 N2，其振幅及相位角如表 4.5-4。音波式、壓力式及至雷達式水位計多年期觀測數據與調和分析之重組潮位時序如圖 4.5-13 至圖 4.5-15 所示。

表 4.5-4、基隆潮位站各水位計主要分潮比較

	分潮	音波式		壓力式		雷達式	
		振幅 (mm)	相位角 (deg)	振幅 (mm)	相位角 (deg)	振幅 (mm)	相位角 (deg)
全日潮	K1	187±0.6	230±0.2	192±0.4	225±0.1	189±0.3	226±0.1
	O1	153±0.6	197±0.2	157±0.3	193±0.1	155±0.3	194±0.1
	P1	58±0.6	223±0.6	63±0.4	222±0.3	63±0.3	224±0.2
半日潮	M2	189±1.0	263±0.3	208±0.5	256±0.1	204±0.4	257±0.1
	S2	65±0.9	263±0.7	71±0.5	256±0.4	69±0.4	257±0.3
	N2	50±1.0	237±0.9	56±0.5	230±0.5	55±0.4	232±0.4

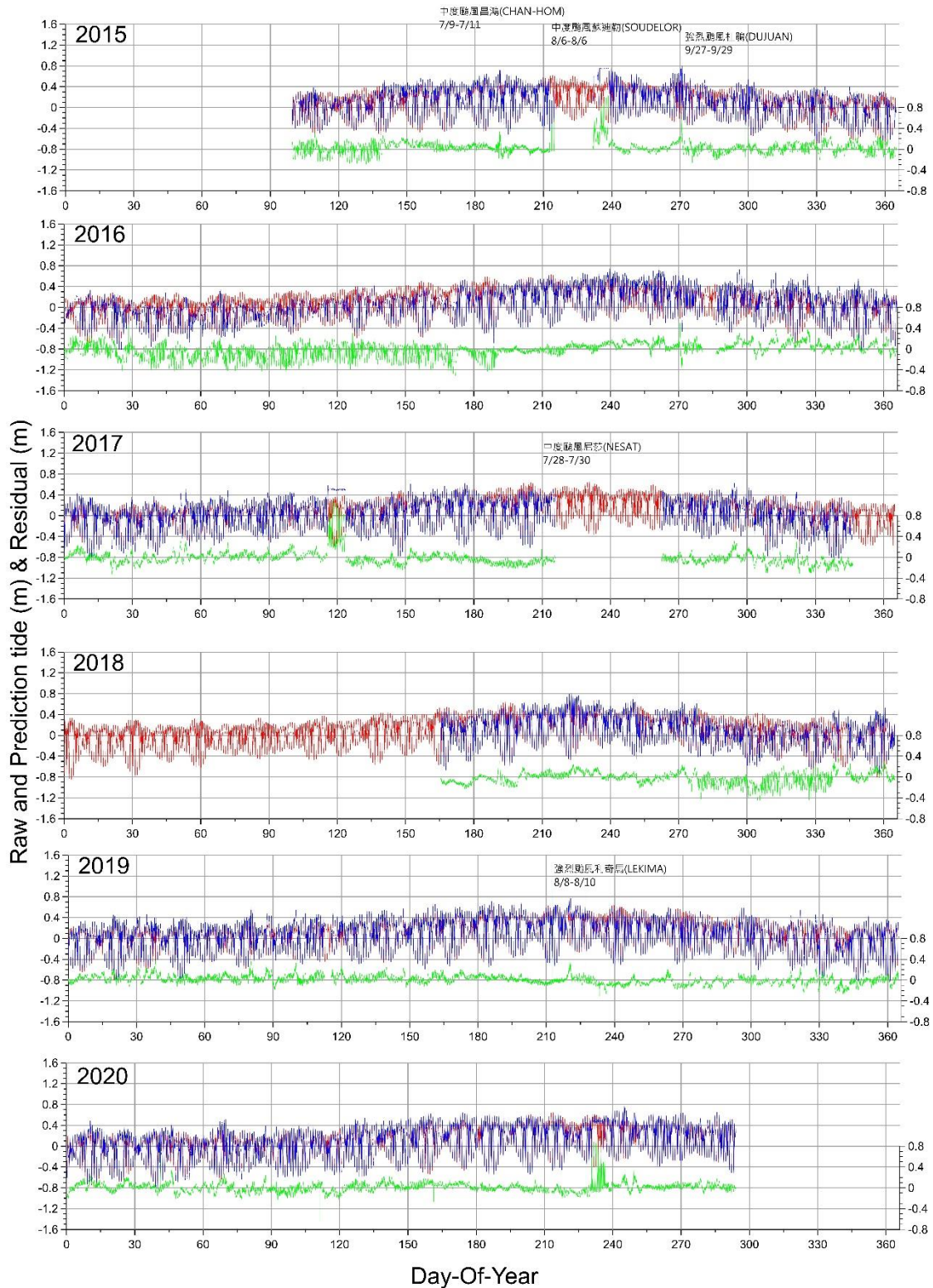


圖 4.5-13、基隆潮位站音波式水位計觀測潮位(藍)、預報潮位(紅)與殘差(綠)

時序圖

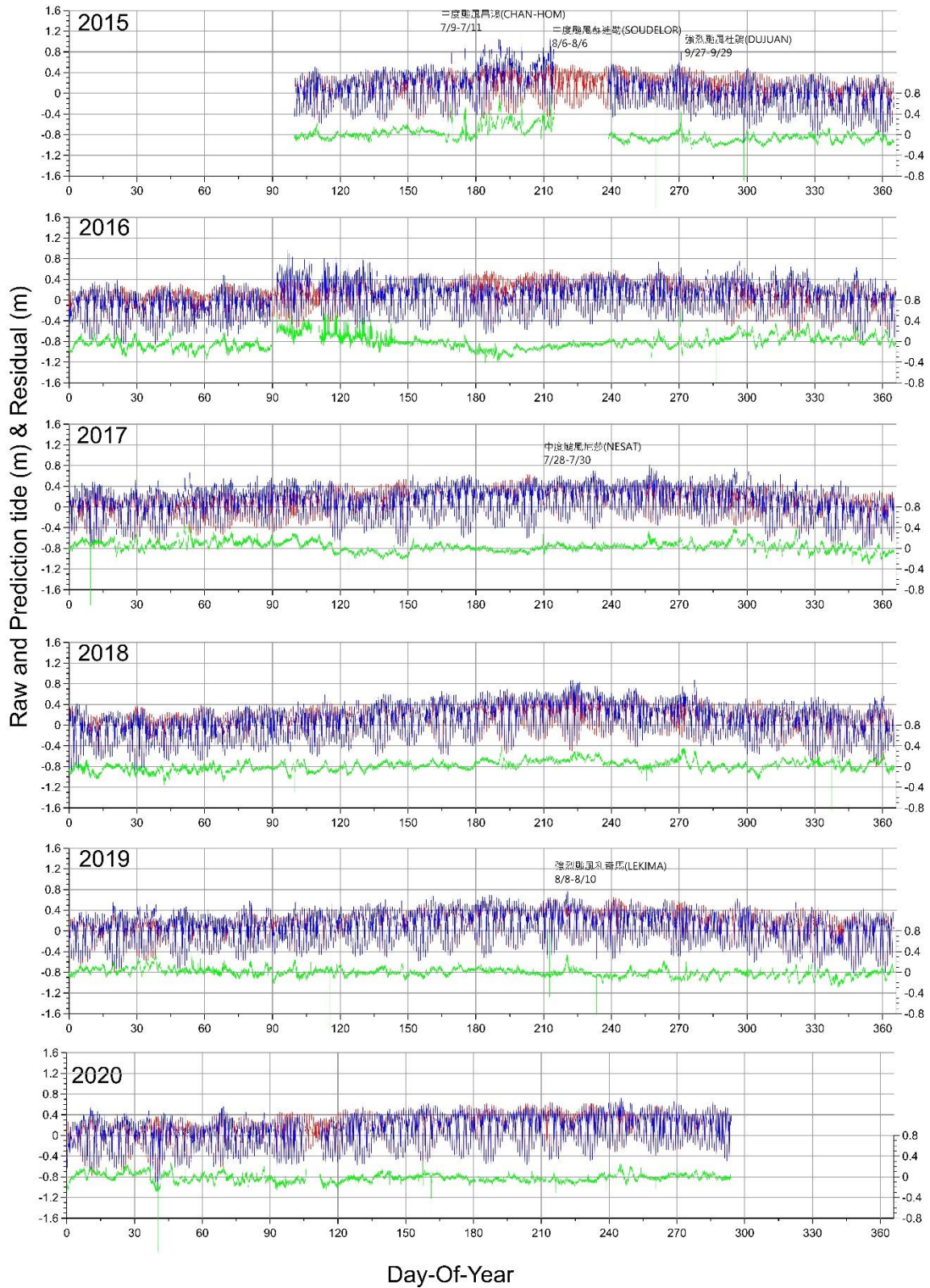


圖 4.5-14、基隆潮位站壓力式水位計觀測潮位(藍)、預報潮位(紅)與殘差(綠)

時序圖

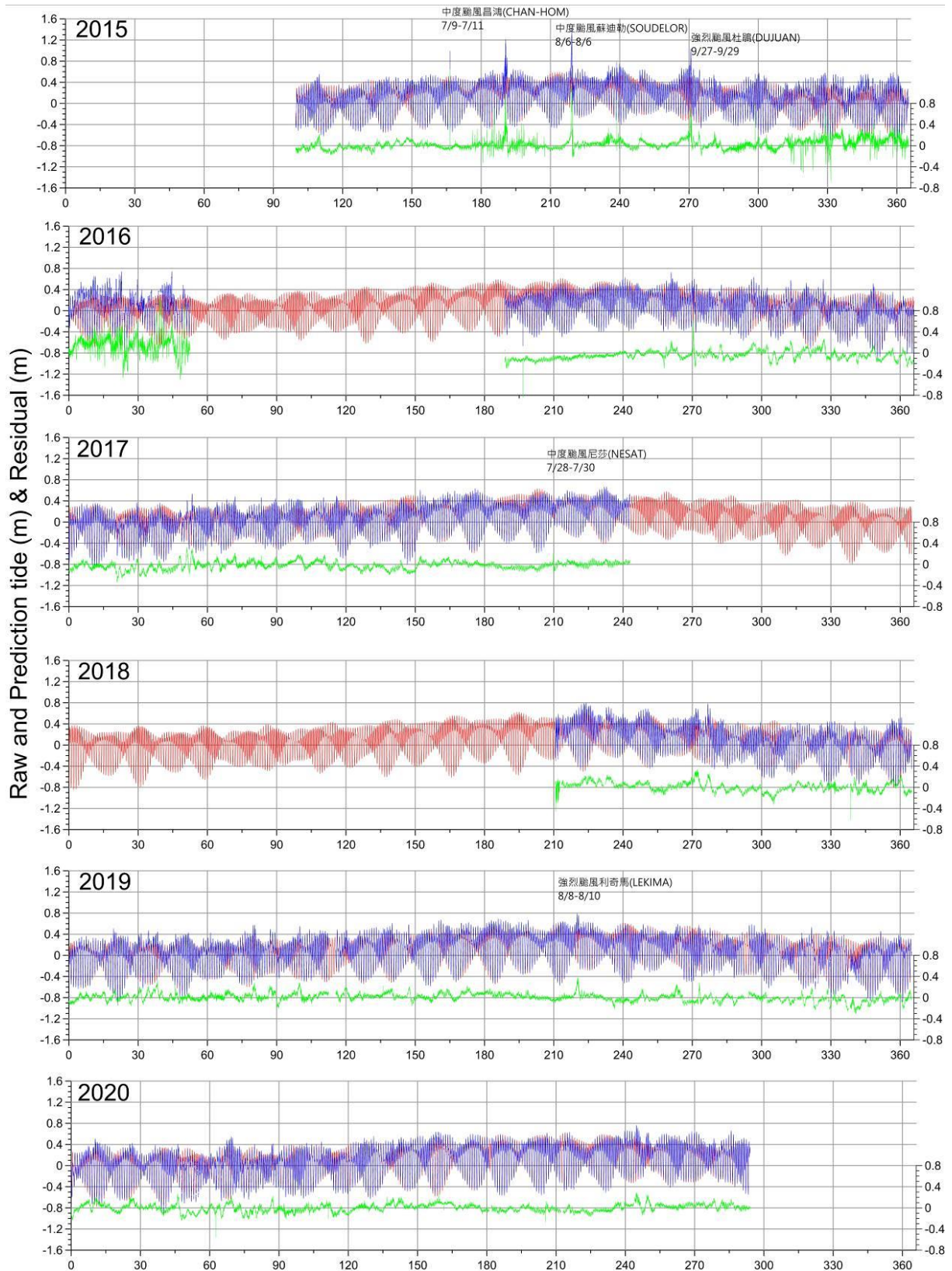


圖 4.5-15、基隆潮位站雷達式水位計觀測潮位(藍)、預報潮位(紅)與殘差(綠)

時序圖

基隆新設潮位站多年期水位計計算平均海水面高，如表 4.5-5 所示，其中觀測值平均為觀測量之算術平均，分潮重組為將潮位數據 UTide 進行調和分析，計算觀測時間範圍內各分潮重組後之平均海水面高。三種水位計中重組值最高的是壓力式水位計，其次為雷達式，最低是音波式，分別為 0.0856、0.0822 及 0.0746 m，差值約在 3-11 mm；比較觀測值平均與分潮重組平均之差值在 10-18 mm。

表 4.5-5、基隆潮位站水位計平均海水面高(單位：m)

統一計算時段 2015/04/10 15:54:00- 2020/10/20 23:54:00	音波式 (S)	壓力式 (P)	雷達式 (R)	S-P	S-R	P-R
觀測值平均(m)	0.0853	0.0953	0.0998	-0.01	-0.045	-0.0045
標準偏差(m)	0.2729	0.2791	0.2682			
分潮重組後平均(m)	0.0746	0.0856	0.0822	-0.011	-0.0076	0.0034
觀測值平均與重組平均 之差值(m)	0.0107	0.01	0.0176			

由圖 4.5-10 至圖 4.5-12 三個潮位計 2015 至 2020 觀測數據可見，三個潮位計均涵蓋完整年度的僅有 2019 年，前述各潮位計歷年觀測數據經分潮重組後，音波式與壓力式計算之平均海水面有 12.5 mm 的差值，推測可能為觀測數據不一致之關係，本工作案另逐年計算各潮位計觀測量之算術平均，以 UTide 進行當年度調和分析計算分潮重組後之平均海水面高，其結

果如表 4.5-6 所示。

由表 4.5-6 可見，2015 至 2018 年三個水位計逐年觀測值平均及分潮重組海面不盡相同，2016 年壓力式及音波式水位數據完整(圖 4.5-10 至圖 4.5-12)，平均海面則相近(觀測值平均 0.0566 及 0.0571 m；分潮重組 0.0545 及 0.0607m)，2019 及 2020 年三個水位計數據完整，壓力式、音波式及雷達式分潮重組之平均海面相差小於 5 mm。

表 4.5-6、基隆潮位站逐年水位計平均海面高(單位：m)

年度		音波式 (S)	壓力式 (P)	雷達式 (R)	S-P	S-R	P-R
2015	觀測值平均	0.1357	0.0818	0.1439	0.0539	-0.0082	-0.0621
	標準偏差	0.2626	0.2992	0.2585			
	分潮重組後平均	0.1716	0.1239	0.1646	0.0477	0.007	-0.0407
2016	觀測值平均 (m)	0.0571	0.0566	0.0857	0.0005	-0.0286	-0.0291
	標準偏差(m)	0.2661	0.2723	0.2492			
	分潮重組後平均 (m)	0.0607	0.0545	0.0399	0.0062	0.0208	0.0146
2017	觀測值平均 (m)	0.0361	0.1164	0.0666	-0.0803	-0.0305	0.0498
	標準偏差(m)	0.2675	0.2665	0.264			
	分潮重組後平均 (m)	0.0361	0.1227	0.1635	-0.0866	-0.1274	-0.0408
2018	觀測值平均 (m)	0.1147	0.1054	0.1047	0.0093	0.01	0.0007
	標準偏差(m)	0.275	0.2928	0.2767			
	分潮重組後平均 (m)	0.1167	0.1092	0.3359	0.0075	-0.2192	-0.2267
2019	觀測值平均 (m)	0.0869	0.1004	0.0905	-0.0135	-0.0036	0.0099

年度		音波式 (S)	壓力式 (P)	雷達式 (R)	S-P	S-R	P-R
	標準偏差(m)	0.2727	0.2686	0.2741			
	分潮重組後平均(m)	0.0897	0.0915	0.0936	-0.0018	-0.0039	-0.0021
2020	觀測值平均	0.1065	0.1113	0.1007	-0.0048	0.0058	0.0106
	標準偏差	0.2819	0.2715	0.2756			
	分潮重組後平均	0.1065	0.1135	0.1063	-0.007	0.0002	0.0072

以量測方式而言，音波式水位計屬於直接量測儀器裝置，因傳導介質之溫度、濕度會影響音波的傳導，需做溫度及濕度的校正，設計上亦包含這些改正的考量；雷達式水位計與音波式水位計很相近，但使用雷達波；壓力式水位計屬於間接量測，利用感測器感應海水位升降產生之壓力變化，將所量測之壓力值轉換成水位高度。

以環境而言，基隆新設潮位站於颱風期間，靜水井容易帶入汙泥及垃圾，音波式導音管受到汙泥阻塞之威脅嚴重，壓力式水位計於汙泥淤積嚴重時，會覆蓋住感測器，導致無法量測水深，且造成感測器故障；雷達式則常因漂浮性垃圾產生觀測異常。以基隆新設潮位站而言，汙泥及垃圾影響潮位計之穩定，雷達式潮位站另受靜水井垃圾影響。整體而言，基隆新設潮位站以音波式為主，壓力式為輔助系統。

2、東沙潮位站

東沙潮位站於 2009 年 10 月 31 日完工，為一連續式運作之潮位與

水溫觀測站，其組成構件包含設置於碼頭沉箱上靜水井中之一具 Druck PTX 1830 壓力式水位計與一具溫度計，透過訊號線傳輸訊號至東沙漁民服務站文康室內之記錄器，訊號線經由預設之暗管經由碼頭至安檢站旁，再以 PVC 管沿著安檢站屋頂，鋪設至漁民服務站屋頂後至文康室內，線路配置示意圖如圖 4.5-16 所示。壓力式水位計與溫度計分別經由不同暗管，至安檢站後方才在同一 PVC 管內，其目的在降低類比訊號彼此干擾，表 4.5-7 為潮位站設備廠牌及型號。由於地理位置維護不易，故自設站起，以 Druck PTX1830 為主要系統，另以自記式壓力計作備援系統，以確保潮位資料之蒐集。

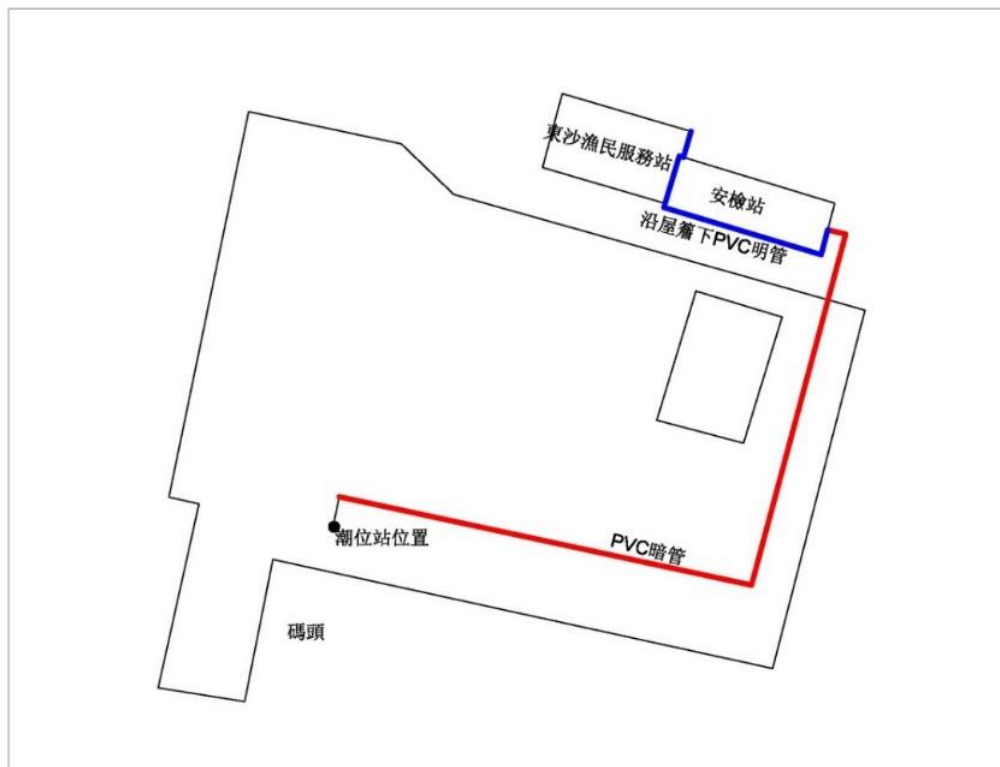


圖 4.5-16、東沙潮位站線路配置示意圖

表 4.5-7、東沙潮位站設備廠牌及規格表

設備名稱	廠牌	型號	量測精度
連續式壓力式水位計	GE Druck	PTX1830	±0.1% (FS)
自記式壓力式水位計	SEA BIRD	SBE 39 TP	±0.1% (FS)
	SEA BIRD	SBE 39plus	±0.1% (FS)
	RBR	RBRduet ³ T.D	±0.05% (FS)
水溫計	SETRON	PT-100	±0.1°C at 0°C
資料蒐集記錄器	VAISALA	QML201A	
通訊模組	VAISALA	DSU232	
CF 記憶卡	SanDisk	COMPACTFLASH	
溫濕壓計	Lufft	OPUS 20	
無線電模組	MOXA	NPort W2150A	
充電控制器(備用)	Mashin	SR1208	
電池	YUASA	55D23L-SMF	55Ah
充電控制器(通訊)	MorningStar	SHS-6	6A/12V
充電控制器(量測)	SunSaver	6L	12V
太陽能板(新增)	RiTEK	PM150	150W
4G 通訊模組(新增)	Kepro	MA32L-ESEN	4G
電池(新增)	YUASA	NP7-12	7Ah

東沙潮位站化算平均海水面高程為參考以東沙基準點(DSDT)公告高程，自 DSDT 點位以直接水準測量方式引測至潮位站旁潮位站水準點 TG77(如示意圖)。前期採用之水準測量施測時間為 2012 年 7 月，施測儀器為 TrimbleDiNi12 自動紀錄水準儀，設備規格符合，閉合差符合「基本測量實施規則」之二等基本控制測量之精度規範，即 $5\text{mm}\sqrt{k}$ (k 為水準路線之公里數)。圖 4.5-17 之水位計常數測量施測時間為 2018 年 11 月，常數為水位計的感測器至 TG77 之高程差。自 2018 年 8 月 7 日起自記式水位計為 RBRduet3 T.D，前期為 SBE 39TP。

東沙連續式潮位站現由氣象局維護(2019 年 1 月 1 日起)，潮位計常數於維護後寫入潮位數據，將潮位化算至參考點(圖 4.5-17 連續式 ref 位置)。

- TG77 高程量測：2012/7
- 潮位計常數量測(自計式)：2018/11

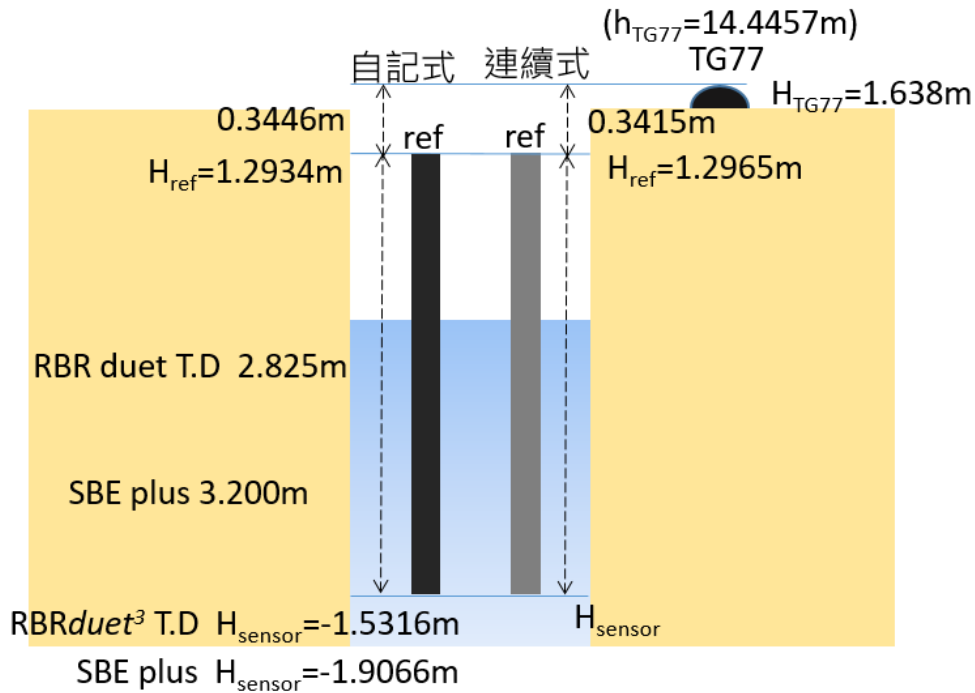


圖 4.5-17、東沙潮位站水準點 TG77 與壓力式水位計(連續式和自記式)相對高程差

本(109)年度進行東沙潮位站 2009 年 9 月 14 日至 2020 年 10 月 20 日潮位數據分析，潮位站歷年儀器異常情形如表 4.5-8。

表 4.5-8、東沙潮位站異常及排除狀況

期間	儀器	發生原因	處理方法
2012/10/23~ 2013/12/4	水位計 水溫計	因東沙安檢站施工時挖斷壓力式水位計及水溫計線路，配合安檢站施工，潮位站至 2013/12/4 才完成更換水位計及水溫計。	潮位站重建
2014/03	水溫計	故障	更換新品
2015/06	水位計	故障	更換新品

期間	儀器	發生原因	處理方法
2016/11	水溫計	故障	更換新品
2019/5/28~ 2019/9/26		因電源供電異常造成資料 紀錄器寫入異常	並聯電池並重整資料 紀錄器

十一年之潮位數據經調和分析信噪比(SNR)大於 20，95%信心區間，共解析出 63 個主要分潮(UTide Cnstit)，各分潮之頻率、振幅、振幅誤差、相位角、相位角誤差與信噪比詳附件 F。主要分潮頻率(Frequency, 單位為 cyclesperhour(cph))為 1/24 (約 0.042)，即為 24 小時附近之全日潮 K1 (277.1 mm)、O1(242.3 mm)、P1(87.6 mm)、Q1(46.2mm)及頻率為 1/12(約 0.083)，即為 12 小時附近之半日潮 M2 (144.9 mm)、S2 (46.8 mm)、N2 (33.2 mm)。

圖 4.5-18、圖 4.5-19 及圖 4.5-20 為東沙潮位站歷年觀測潮位(藍)、重組潮位(紅)與殘差(綠)時序圖，圖中註記影響東沙的颱風與熱帶氣旋時序，可見颱風與數據異常關聯性。2012/10/23 潮位站因東沙安檢站施工時挖斷壓力式水位計及水溫計線路，配合安檢站施工，潮位站至 2013/12/4 才修復，故 2013 年僅 12/04 08:00 至 2013/12/31 23:54 之潮位資料，故不列入平均海水面計算，避免造成偏差。由潮位觀測數據直接計算之平均海水面為 -0.0046m (如表 4-5-9)，Utide 進行調和分析所得 68 個分潮重組後，得平均海水面為 -0.0079 m (如表 4.5-10)，兩平均海水面差值為 3.3 mm。由圖 4.5-18 至圖 4.5-20 中殘差值顯示，每年 1 月至 3 月皆有殘差值先上升再下降的現象，每次影響約 30 至 40 天，由於本潮位站為淺水站易受表層海水變化影響，初步推論可能受氣象因子(如：冬北季風)或聖嬰現象所影響。2012

年 8 月底至 9 月初觀測值低於重組值，於內政部 101 年度水深資料及高程基準分析工作案期末報告中附錄四說明受颱風天秤(Tembin)經過東沙島，導致潮位受影響。

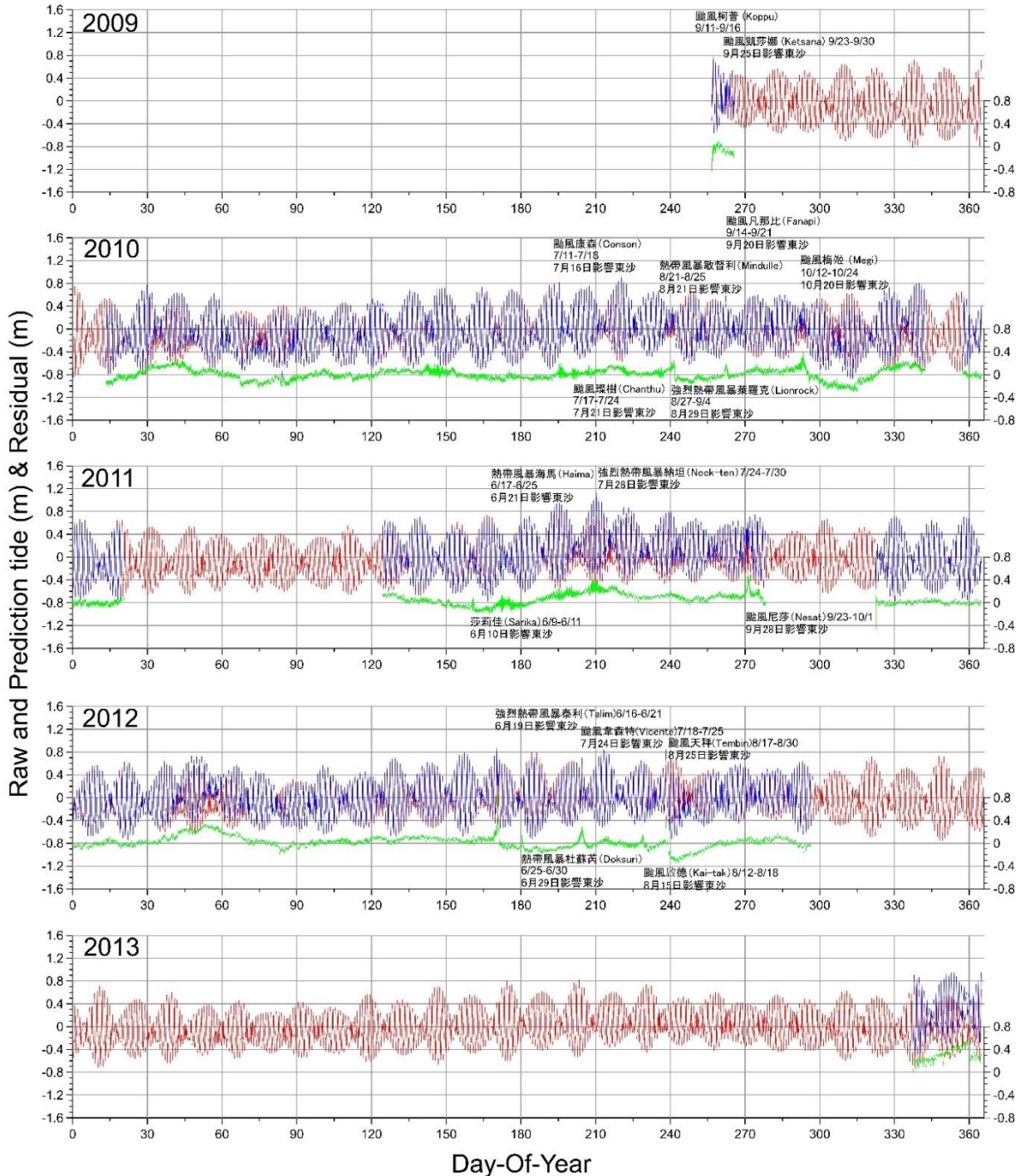


圖 4.5-18、東沙潮位站 2009 年至 2013 年觀測潮位(藍)、預報潮位(紅)與殘差(綠)時序圖

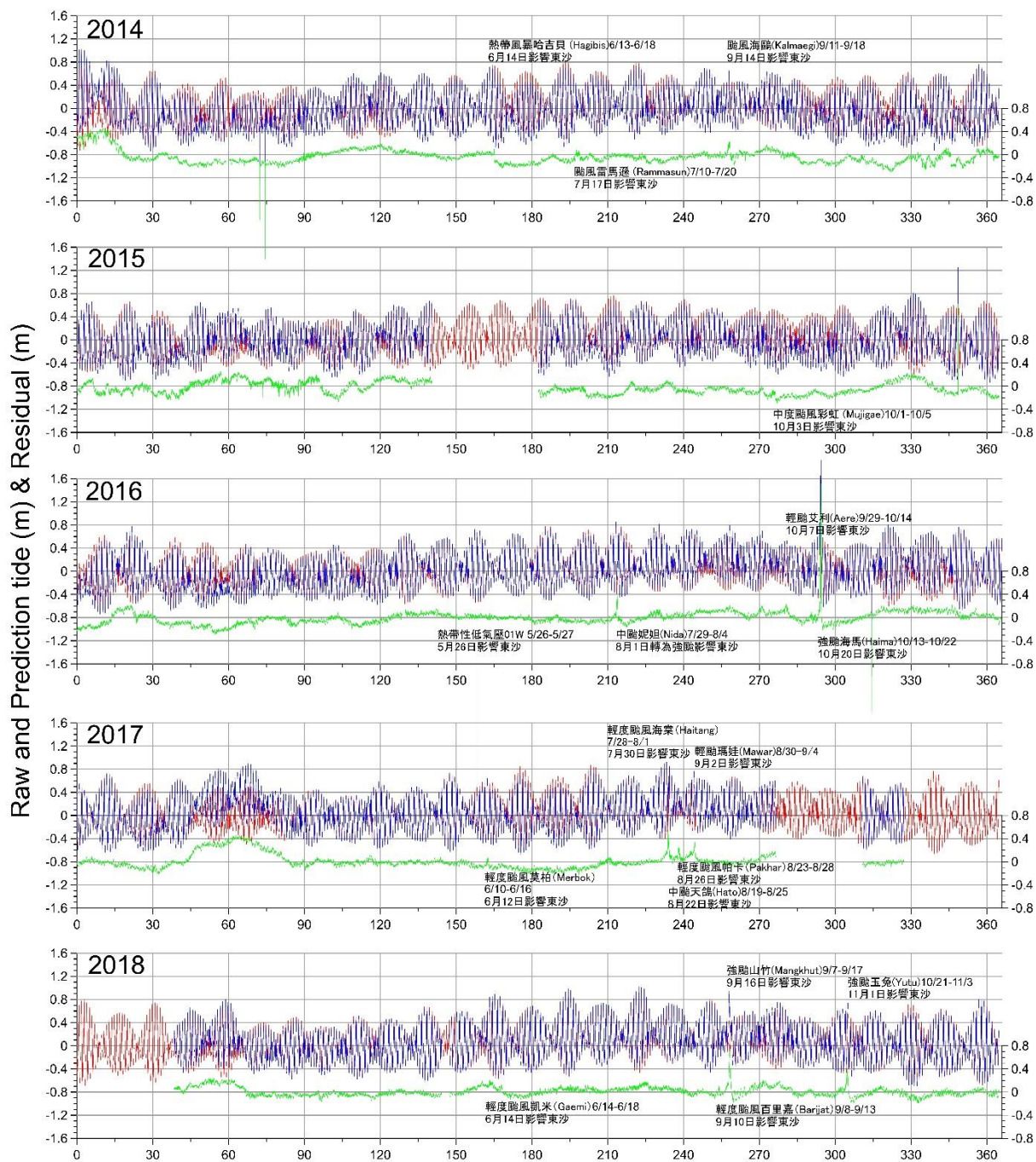


圖 4.5-19、東沙潮位站 2014 年至 2018 年觀測潮位(藍)、預報潮位(紅)與殘差(綠)時序圖

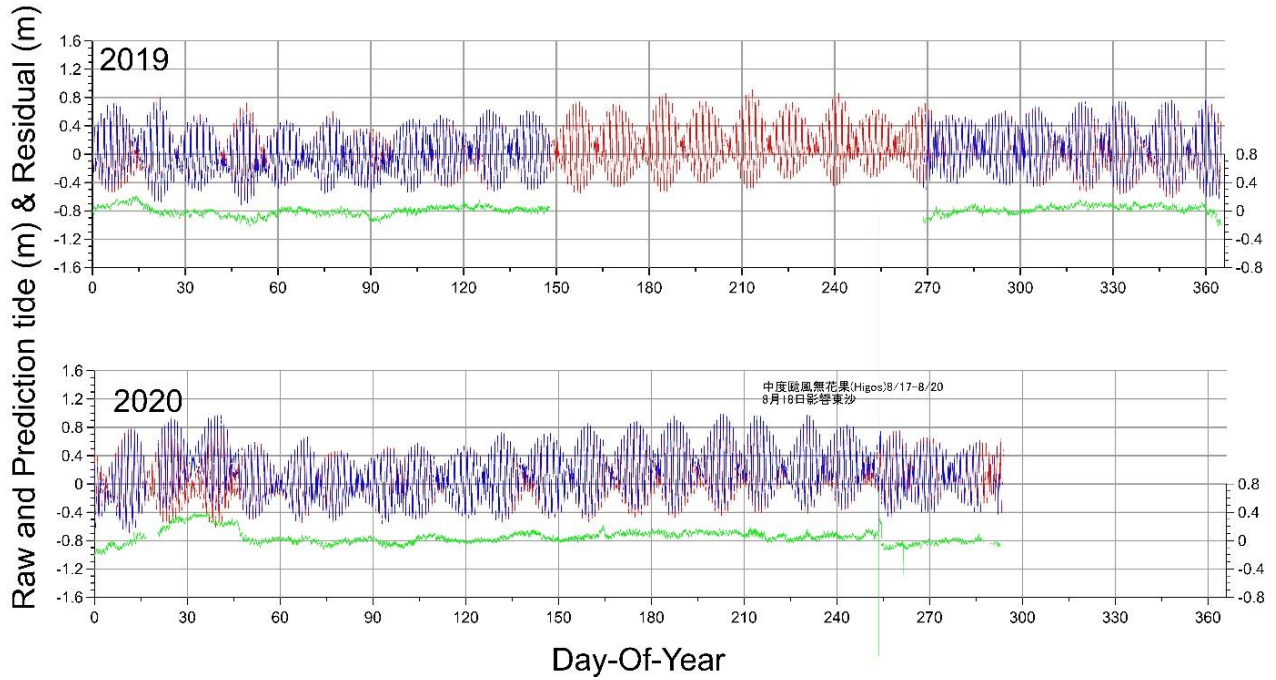


圖 4.5-20、東沙潮位站 2019 年至 2020 年觀測潮位(藍)、預報潮位(紅)與殘差(綠)時序圖

表 4.5-9、東沙潮位站觀測潮位平均海水面高

觀測時間		年平均海水面 (m)	標準偏差 (σ)	平均海水面 (m)
開始	結束			
2009/09/14 08:36	2009/12/30 06:36	0.0737	0.2857	-0.0046 ± 0.305
2010/01/14 02:00	2010/12/31 23:54	-0.0635	0.3175	
2011/01/01 00:00	2011/12/31 23:54	0.0193	0.3381	
2012/01/01 00:00	2012/12/31 23:54	-0.0238	0.2948	
2014/01/01 00:00	2014/12/31 23:54	-0.0526	0.2896	
2015/01/01 00:00	2015/12/31 23:54	-0.0437	0.2757	
2016/01/01 00:00	2016/12/31 23:54	0.0043	0.2947	
2017/01/01 00:00	2017/12/31 23:54	0.0328	0.2918	
2018/01/01 00:00	2018/12/31 23:54	0.0525	0.2918	
2019/01/01 00:00	2019/12/31 23:54	-0.0374	0.2778	
2020/01/01 00:00	2020/10/20 23:54	0.1186	0.3163	

表 4.5-10、東沙潮位站調和分析分潮重組平均海水面高(單位：m)

觀測時間		年平均海水面 (m)	平均海水面 (m)
開始	結束		
2009/08/23 03:00	2009/12/30 06:36	-0.0533	-0.0079
2010/01/14 02:00	2010/12/31 23:54	-0.0516	
2011/01/01 00:00	2011/12/31 23:54	0.0672	
2012/01/01 00:00	2012/12/31 23:54	-0.0263	
2014/01/01 00:00	2014/12/31 23:54	-0.0526	
2015/01/01 00:00	2015/12/31 23:54	-0.0483	
2016/01/01 00:00	2016/12/31 23:54	0.0023	
2017/01/01 00:00	2017/12/31 23:54	-0.0108	
2018/01/01 00:00	2018/12/31 23:54	0.0540	
2019/01/01 00:00	2019/12/31 23:54	-0.0074	
2020/01/01 00:00	2020/10/20 23:54	-	

4.5.2 配合內政部及國立海洋科技博物館，規劃水深與高程測量相關成果發

表之科學教育教材，並舉辦 1 場次(至少 6 小時)之科教活動；受邀參加活動對象需經內政部同意

本(109)年度於海洋科技博物館辦理「海洋與生活：空間資訊篇」，教材以基隆潮位站及鄰近之臺灣水準原點為主題，內容包含水準原點、潮汐、高程測量，對象為高中職學生為主。本活動共有三場科普演講及海洋科技博物館三個展廳導覽介紹，科普演講由交通大學土木系史天元教授、氣象局海象測報中心滕春慈主任、及交通大學土木系張智安教授分享高程與潮

位測量、潮位與波浪觀測以及由太空看海洋議題，活動課程表如表 4.5-11。

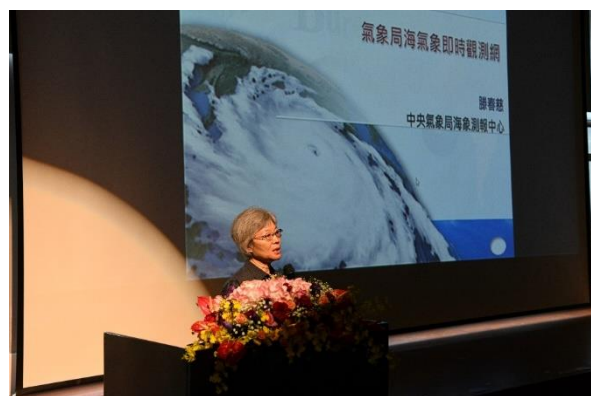
本(109)年度於 9 月 30 日由大安高工建築科(老師與學生共 43 位)、南港高工土木科(老師與學生共 30 位)及海大附中海事科(老師與學生共 27 位)師生共 100 位一同參與，研習營活動照片如圖 4.5-21。

表 4.5-11、109 年度內政部測量基準研習營海洋與生活：空間資訊篇議程

時間	內容	主講人
08:30-09:00		報到
09:00-09:30	高程與深度	交通大學 史天元教授
09:30-10:20	潮位站/水準原點 參觀導覽	交通大學 史天元教授 張智安教授
10:20-11:20	潮位與波浪觀測	中央氣象局 滕春慈主任
11:20-12:20	由太空看海洋	交通大學 張智安教授
12:20-13:20		午餐
13:20-16:00	深海探勘/海洋科學/ 船舶與海洋工程導覽	交通大學史天元教授、張 智安教授、王慧蓉工程師 海洋科技博物館講師



(a) 由太空看海洋



(b) 潮位與波浪觀測



(c) 海科館導覽



(d) 水準原點導覽



(e) 潮位站導覽

圖 4.5-21、研習營活動紀實

4.5.3 規劃航遙測技術與應用相關成果發表之科學教育教材，並舉辦 1 場次 (至少 6 小時) 之科教活動；受邀參加活動對象需經內政部同意

本團隊與國立中央大學太空及遙測研究中心-資源衛星接收站合辦，規劃航遙測技術與應用相關成果，並以衛星遙測科技應用案例進行說明，本次活動於 8 月 17 日、8 月 18 日辦理，相關議程如表 4.5-12，參與之對象為高中、國中與國小教師。透過案例探討、人員互訪等資訊交流活動，達到研究成果分享、提升遙測及空間資訊科技研究及應用紮根之目標。議程規

劃與活動照片如圖 4.5-22。

表 4.5-12、航遙測技術與應用相關成果發表議程

第一天 2020 年 8 月 17 日 (星期一)		
時間	活動內容	授課教師
09:00-09:30	報到	
09:30-10:00	開幕引言	蔡富安主任
10:00-10:20	頂樓天線合照	
10:20-10:30	休息	
10:30-12:00	中心與接收站介紹	蔡富安教授
12:00-13:30	午餐	
13:30-14:30	衛星測量與導航的互動課程	曾國欣教授
14:30-14:50	休息	
14:50-15:50	機器學習於遙測影像簡介	陳映濃教授
15:50-16:10	休息	
16:10-17:10	大氣環境監測	林唐煌教授

第二天 2020 年 8 月 18 日 (星期二)		
時間	活動內容	授課教師
09:30-10:30	地理資訊系統與遙測技術的結合與應用	姜壽浩教授
10:30-10:50	休息	
10:50-11:50	海岸與海底地形	任玄教授
11:50-13:00	午餐	
13:00-14:00	智慧國土形變監測	蔡富安教授
14:00-14:20	休息	
14:20-15:20	衛星影像 3D 測繪簡介	接收站同仁
15:20-16:00	心得與座談	全體
16:00-16:30	研習時數核章及退保證金	



(a) 開場介紹



(b) 智慧國土形變監測介紹 1



(c) 智慧國土形變監測介紹 2



(d) 智慧國土形變監測介紹 3



(e) 衛星影像 3D 測繪簡介 1



(f) 衛星影像 3D 測繪簡介 2

圖 4.5-22、航遙測技術與應用相關成果活動照片

4.6 協助推動國際測繪合作事務

4.6.1 本團隊應配合內政部需求，參加至少 1 場次國際測繪相關研討會，蒐集會議資料製作研討報告

國際測量師聯盟(International Federation of Surveyors, FIG)成立於 1878 年 7 月 18 日，為一歷史悠久、影響巨大之國際組織，本團隊原規劃參加 FIG Working Week 2020，但因為新冠肺炎的緣故，本(109)年度 FIG Working Week 2020 已取消，故本團隊以 Virtual Conference 的形式參加線上測繪研討會，並將會議資料製作為研討報告。本計畫已完成參加以下研討會：(1) 參加 University of Salzburg 所舉辦的 GI Week 2020 Virtual Conference (<http://gi-forum.org>)，日期為 109 年 7 月 6 日至 10 日。(2)參加國際航遙測學會 ISPRS 所舉辦的 ISPRS 2020 Virtual Event (<http://www.isprs2020-nice.com/>)，日期為 109 年 8 月 31 日至 9 月 2 日。(3) 參加國際電子與電機學會 IEEE 舉辦的 IGARSS 2020: Virtual Symposium，日期為 109 年 9 月 26 日至 10 月 2 日(<https://igarss2020.org/>)。研討會報告詳如附件 G。

4.6.2 本團隊應配合內政部推動臺印尼測繪協定合作事務需求，協助參與測繪技術服務團(GEM)技術交流，並於雙邊諮商會議提供專家諮詢顧問服務

本團隊配合內政部與中華測繪聯合會共同舉辦之「國際測量組織與臺灣參與」論壇，參與國際論壇進行技術交流，論壇議程詳如表 4.6-1 所示，現場海報及合影如圖 4.6-1。

表 4.6-1、「國際測量組織與臺灣參與」論壇議程

2020/09/09

「國際測量組織與臺灣參與」論壇 Forum on International Surveying Organizations and Taiwan Participation Draft Agenda

時間：2020 年 10 月 20 日(週二)

地點：北科大集思會議中心西格瑪廳(303 室)

主旨：藉由視訊方式，邀請 FIG 與 ASEAN-FLAG、ISI 主席、秘書長、代表演講，介紹其組織願景與活動、重要工作。並邀請國內專家學者擔任主持人及與談人，說明台灣的參與。

議程規劃

時間	演講人	主持人	與談人
09.30-10.50	ASEAN-FLAG Mr. Gerry Ong President	高治喜理事長	蔡榮得教授 史天元教授
10.50-11.10	交誼時間		
11.10-12.30 (10.10-11.30 Jakarta)	ISI Mr. Virgo, President Mr. Harto, Secretary General	史天元教授	王啟鋒技師 周天穎教授 徐錦良先生 陳典熙技師 張瑞隆技師 劉啟清博士 蔡欣達技師
12.30-14.00	午餐時間		
14.00-15.30 (08.00-09.30 Germany; 09.00-10.30 Finland)	FIG Prof. Dr. Rudolf Staiger, President (Germany) Ms. Louise Friis-Hansen, Director of FIG Office (Finland)	周天穎院長	王啟鋒技師 韓仁毓教授 史天元教授
16:00-17:00	綜合座談(測繪教育與訓練委員會會議)		



論壇海報



論壇現場合影

圖 4.6-1、國際測量組織與臺灣參與「論壇照片

4.7 成果發表及技術交流

4.7.1 提送國內外期刊或研討會論文文稿至少 4 篇，且其中 1 篇需提送國際期刊 (SCI/EI 等級)

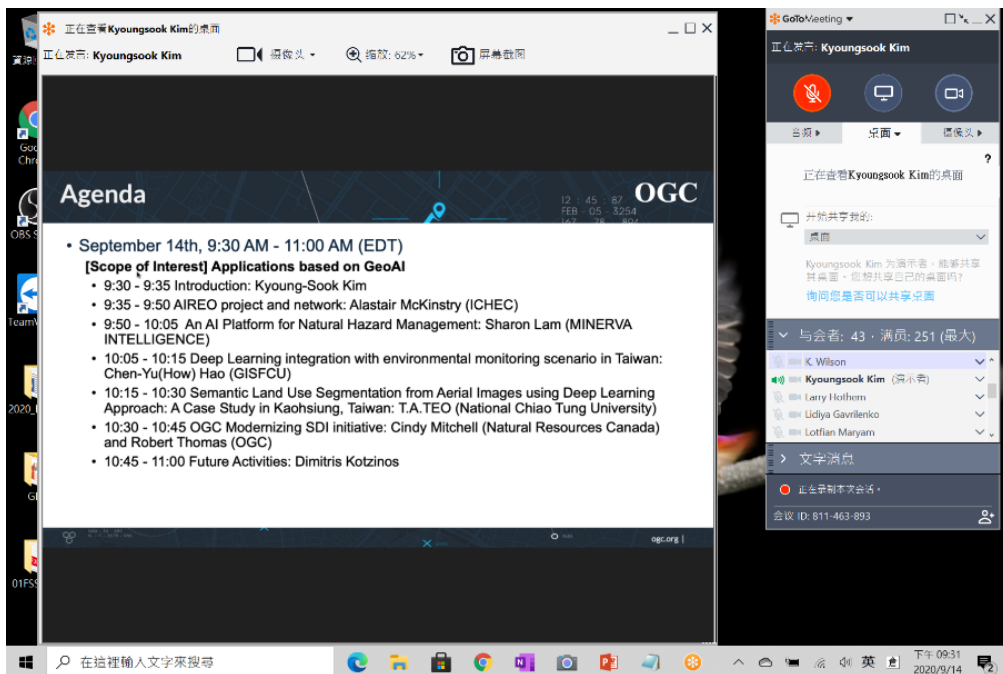
本團隊共投稿 5 篇期刊、論文(含 SCI 等級)，分別為(1)投稿 Remote Sensing of Environment，題目為 A Semi-empirical Scheme for Bathymetric Mapping in Shallow Water by ICESat-2 and Sentinel-2: A Case Study in the South China Sea。(2) 投稿 International Journal of Geographical Information Science，題目為 An Ontology integrating City Model and Internet of Things Open Standards for Smart City Applications。(3)投稿 Advanced Engineering Informatics，題目為 Spatial Analysis with Detailed Indoor Building Models for Emergency Evacuation Service。(4) 投稿國土測繪及空間資訊期刊，題目為東沙共站封閉型壓力式潮位計觀測值比對：2020。(5) 投稿國土測繪及空間

資訊期刊，題目為運用超高解析衛星進行疏濬高程控制可行性研究。投稿證明請參考附件 C。

4.7.2 以航遙測及空間數據為主題發展人工智能實驗室，強化產學合作

本團隊分別成立 GeoAI@NCU 及 GeoAI@NCTU 實驗室，成立目的為：

(1)研發三維國土形變與空間智能分析之相關智慧製圖技術，(2)推動智慧製圖與空間資訊領域產業之聯結。具體任務為發展三維國土形變技術，並應用人工智慧技術於航遙測與空間資訊領域。GeoAI 實驗室亦扮演人才培育之社會責任，在實驗室技術研發過程培養相關技術人才，未來可投入 GeoAI 相關產業。GeoAI 實驗室團隊專注於智慧製圖技術之發展，並推動與空間資訊領域之聯結(圖 4.7-1)，工作內容如下：



(a)GeoAI 實驗室參加 OGC GeoAI DWG Virtual Meeting



(b)GeoAI 實驗室訪談 Richi Tech

圖 4.7-1、GeoAI 實驗室活動照片

(1) 2020/07/03 GeoAI 實驗室訪談國家太空中心(NSPO)衛星影像組未來人工智慧資源衛星之可能發展，NSPO 未來可能發展具有智慧取樣功能之資源衛星，如自動辨識雲量較少的區域再進行取樣。國際發展可參考 Smart Satellite <https://smartsatcrc.com/>。

(2) 2020/09/14 GeoAI 實驗室參加 OGC GeoAI DWG Virtual Meeting，以 Semantic Land Use Segmentation from Aerial Images using Deep Learning Approach: A Case Study in Kaohsiung, Taiwan 為題進行分享，OGC GeoAI DWG 國際發展可參考 <https://www.ogc.org/projects/groups/geoaidwg>。

(3) 2020/10/23 GeoAI 實驗室訪談 Richi Tech，以「深度學習於航遙測影像之智慧辨識與應用」為題進行分享，Richi Tech 是 DigitalGlobe 及 PlanetLab 衛星影像產品代理商，DigitalGlobe 及 PlanetLab 均有導入人工智慧至該公司的衛星影像，國際發展可參考 <https://www.digitalglobe.com/products/gbdx>

及 <https://www.planet.com/products/analytics/>。

4.7.3 本團隊配合內政部參加智能測繪應用相關之年度計畫成果發表

配合內政部參加於 11 月 17 日舉辦之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，議程表如圖 4.7-2 所示，紅框處為本團隊發表主題之時段與對應之廳別。本團隊進行三小時成果發表，共四項主題，分別為(1)雷達衛星影像發展長期地表形變智慧分析技術、(2)地理圖資與物聯網之整合應用探討、(3)人工智慧於航遙測影像之辨識與應用與(4)高程基準潮位站數據分析。主題與時段等相關資訊如表 4.7-1，發表會活動照片如圖 4.7-3。

	國際會議廳 A 廳	柏拉圖廳 B 廳	蘇格拉底廳 C 廳	洛克廳 D 廳	拉斐爾廳 E 廳	米蘭斯基廳 F 廳
主辦單位/ 時間	地政司	資訊中心 統計處 營建署	國土測繪中心	地政司	地政司	地政司
主題	DTM 開放資料 與加值應用	圖資整合、 流通與應用	三維國家底圖 成果應用	空間測繪技術成果發表		
09:45-11:05	智慧監測預警	國土資訊系統 標準制度推動 成果	三維國家底圖 建置成果及發 展願景	高精地圖標準 及智能移動測 繪技術發展工 作 (I)	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)	高精地圖於自 駕車資通訊系 統整合研發實 證工作 (I)
	A-1	B-1	C-1	D-1	E-1	F-1
11:05-11:15	交誼時間					
11:15-12:35	建設開發與治 理	TGOS 推廣應用	三維國家底圖 服務平臺及三 維道路建置	高精地圖標準 及智能移動測 繪技術發展工 作 (II)	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)	高精地圖於自 駕車資通訊系 統整合研發實 證工作 (II)
	A-2	B-2	C-2	D-2	E-2	F-2
12:35-13:30	午餐					
13:30-14:50	農林產業管理	公共設施管線 資料庫之推動 與未來發展	防救災及三維 地籍成果加值 應用	三維國土形變 監測及空間智 能分析技術發 展 (I)	重力基準維護 及大地測量國 際合作與工程 智能應用 (I)	跨領域地形圖 徵及三維地籍 發展服務 (I)
	A-3	B-3	C-3	D-3	E-3	F-3
14:50-15:10	交誼時間					
15:10-16:30	綠色環境永續	跨域整合大數 據應用分享	太陽能分析及 三維管線圖疊 成果加值應用	三維國土形變 監測及空間智 能分析技術發 展 (II)	重力基準維護 及大地測量國 際合作與工程 智能應用 (II)	跨領域地形圖 徵及三維地籍 發展服務 (II)
	A-4	B-4	C-4	D-4	E-4	F-4

圖 4.7-2、成果發表會議程表

表 4.7-1、成果發表會主題與時段資訊

時段 13:30~14:50	
主題 1：雷達衛星影像發展長期地表形變智慧分析技術	蔡富安 教授
主題 2：地理圖資與物聯網之整合應用探討	黃智遠 副教授
時段 15:10~16:30	
主題 3：人工智慧於航遙測影像之辨識與應用	張智安 教授
主題 4：高程基準潮位站數據分析	史天元 教授
會議與談人：陳良健 教授	



(a) 主題「雷達衛星影像發展長期地表形變智慧分析技術」及與談人提問



(b) 主題「地理圖資與物聯網之整合應用探討」及與談人提問



(c) 主題「人工智慧於航遙測影像之辨識與應用」及與談人提問



(d) 主題「高程基準潮位站數據分析」及與談人提問

圖 4.7-3、成果發表會活動照片

4.8 成果效益評估與計畫進度管考

依據科技計畫績效管考平台 (<http://stprogram.stpi.narl.org.tw/>) 提供格式，配合內政部辦理本案計畫「科技發展計畫績效評估作業」自評作業需求，參考內政部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/>)，登載結果參照

附件 I。

4.9 工作會議

本團隊將定期召開工作會議，並適時接受諮詢。其中 2 次邀請專家學者（名單須先與內政部討論）參與交換意見，並作為後續應用方向或執行參考，所需費用由本團隊負擔。本計畫案共召開 6 次工作會議，並於第四次工作會議邀請國立臺灣師範大學地理學系-王聖鐸教授，第五次工作會議邀請國防大學理工學院環境資訊及工程學系-林玉菁教授參與會議，會議相關內容請參考附件 B：工作會議紀錄與簽到單。

第五章 結論

本次期末報告執行 3.1 節詳列之各工作項目，並依 3.2 節規劃之工作進度執行工作項目，以確保計畫執行符合預定規劃進度。本計畫目前執行成果總結如下：

1. 應用人工智慧發展衛星影像地表形變分析技術與應用

(1) 利用雷達衛星影像發展長期地表形變智慧分析技術：完成影像處理流程、初始參數設定與對應成果的產製。未來於 110 年度規劃完成參數資料建立與成果精度分析，並於 111 年度啟動智慧參數學習的工作。

(2) 建立機器學習於高解析光學影像地表形變分析技術：完成應用多時期之高解析光學影像以機器學習偵測地表崩坍之初步測試。未來於 110 年度規劃透過機器學習偵測多時期影像及地表模型之地表形變分析，並於 111 年度完成機器學習進行地表類別分類及形變分析的工作。

(3) 發展多元衛星影像智慧處理與立體重建技術：應用三重疊衛星立體影像對重建數值地表模型之測試，完成研究區之三維點雲資料產製工作。未來於 110 年度預計以更多重疊之衛星影像，進行重建數值地表模型，利用多視角影像相互補償遮蔽區域，並提高匹配及定位品質，

希望能夠產製更高品質之數值地表模型。而 111 年度則預計針對所產製之數值地表模型，進行特徵目標物之萃取，例如建物或道路等目標物。

(4) 擴充衛星影像智慧增值應用與後續推動可行性評估：完成以圖資之搜集與建立工作，其試辦則於 4.3 節中完成。未來於 110 年度持續建立與搜集圖資，同時完成增值應用可能需求彙整。111 年度測試增值應用功能，評估增值應用可行性。

2. 應用人工智慧發展航遙測影像辨識技術與應用

(1) 建立航遙測影像地表形變智慧分析技術：本項工作使用前後期航遙測影像，以影像匹配技術建立地表位移場偵測技術，本項工作驗證技術可有效偵測因地表位移而造成之位移，後續將成果應用於坡地防災。未來於 110 年度預計發展多時期高程模型地表形變智慧分析技術，而 111 年度將整合多時期光學影像及高程模型之三維地表形變智慧分析技術。

(2) 建立航遙測影像智慧辨識訓練資料集：本項工作完成國際標竿訓練資料集的蒐集及比較，建立訓練資料集類別與臺灣通用電子地圖類別的可對應關係，建立訓練資料集類別與國土利用調查類別的可對應關係。未來於 110 年度預計建立以影像分割為主的國際標竿訓練資料集，而 111 年度持續關注及更新國國際標竿訓練資料集。

(3) 建立航遙測影像自動化地物智慧辨識與分類技術：在地物智慧辨識研究中，比較使用近景影像預訓練模型(ImageNet)及遙測影像預訓練模型(BigEarthNet)在遷移式學習的分類精度，驗證使用遙測影像預訓練模型有較佳的精度，且展示「遷移式學習技術」比「非遷移式學習」有更好的運算效能。後續為經由分析比較選定較適合臺灣的訓練資料集，並針對不足的類別進行擴充。未來於 110 年度預計發展深度學習於遙測影像之房屋智慧辨識技術，而 111 年度將發展道路智慧辨識技術。

(4) 評估航遙測影像結合測量實施工作之智慧整合應用：透過蒐集與統整應用 UAV 影像於地籍測繪作業案例及適用性研究，從技術面討論，UAV 航拍成果可滿足地籍測量實施規則對非都區測量成果精度之需求。本項工作並完成建議應用無人機測繪技術於地籍測繪之注意事項。後續分析成果可供無人機測繪技術於地籍測量製圖作業參考。未來於 110 年度預計探討無人機影像應用於公共設施管線資料庫系統之人孔測量智慧整合，而 111 年度將探討無人機影像應用於道路設施測量應用。

3. 衛星與航遙測影像智慧分析、辨識與製圖防災整合應用案例試辦

(1) 雷達衛星影像地表形變分析之試辦：完成全臺灣多時期(C 波段)、彰化雲林(X 波段)與花蓮(L 波段)變形監測試辦。未來規劃於 110 年度

引入更多試辦案例，逐步建立影像處理之參數數據庫與經驗，於 111 年度，引入前期成果作為人工智慧參數學習之基礎，同時亦逐步建立臺灣各地的初步變形分析圖資。

(2) 航遙測影像分析與辨識之結果與相關應用平台進行整合試辦：本次報告已匯入航遙測影像資料集至 Google Earth Engine 平台，各項資料均可套疊在單一平台中進行防災分析，並整合前項工作產製變形向量場資料、現有航拍影像以及過濾篩選遙測衛星影像，從所需資料開始建置雲端平台分析功能。未來於 110、111 年度規劃以 GEE 雲端應用平台發展加值應用。

(3) 增加以高解析光學衛星影像進行地表形變分析之試辦：完成分析光學衛星影像，進行數值地表模型的高程差異分析。未來於 110、111 年度規劃以更多種類型之多時期地表形變分析。

(4) 增加以臺灣地區航遙測影進行地物辨識與分類試辦：本項工作已選定試辦區，並完成不同年度航空正射影像與地表覆蓋分類圖之申請作業，後續為規劃成果可應用於地物辨識應用。未來於 110、111 年度規劃持續精進分類精度及變遷偵測正確率。

4. 評估智慧物聯網之防災整合應用技術

(1) 模擬基於感測器與模型資料，發展智慧建築等適地性應用：針對模擬物聯網與三維圖資整合應用，完成包含智慧居家之節能與安全、

停車場導引與節能、及遠距救護，以及多項 Unity 應用案例設計。

(2) 模擬基於三維圖資與路網資訊整合路側影像感測器：針對跨 CCTV 影像之移動物件追蹤技術發展，完成包含設計整體流程、移動物件之偵測、追蹤、及跨影像物件連結之初步成果。後續為針對偵測、追蹤物件等進行優化處理。

(3) 以實際場域進行適地性服務應用試辦：透過本章節發展之物聯網相關技術，完成跨 CCTV 攝影機影像移動物件追蹤之應用試辦。後續為取得較佳影像品質、移動物件辨識等進行試辦測試。

5. 數據分析與科教活動

(1) 完成分析基隆新設潮位站自 2015 年 4 月 10 日至 2020 年 10 月 20 日六分鐘潮位數據，音波式、壓力式及雷達式水位觀測數據之平均海水面分別為 0.0853m、0.0953 m 及 0.0998 m，經調和分析得平均海水面為 0.0746 m、0.0856 m 及 0.0822 m。完成分析東沙潮位站自 2009 年 8 月 23 日至 2020 年 10 月 22 日六分鐘潮位數據求得平均海水面高，由觀測潮位計算之平均海水面為 -0.0046 m，經調和分析得平均海水面為 -0.0079 m。未來 110 年擬持續分析基隆新設及東沙潮位站，前述兩個潮位站擬於 111 年移交給氣象局，111 年工作將視後續需求辦理。

(2) 完成科學教材配合建置於海科館之潮位站及鄰近之臺灣水準原點

為主題，邀請大安高工、南港高工及海大附中學生於 9 月 30 日辦理研習營。

(3) 完成規劃航遙測技術與應用相關成果發表之科教活動，規劃航遙測技術與應用相關成果，並以衛星遙測科技應用案例進行說明，邀請高中、國中與國小教師參加，於 8 月 17 日、8 月 18 日辦理。

6. 協助推動國際測繪合作事務

(1) 完成參加 GI Week 2020 Virtual Conference、ISPRS 2020 Virtual Event、IGARSS 2020: Virtual Symposium。

(2) 配合內政部與中華測繪聯合會共同舉辦之「國際測量組織與臺灣參與」論壇，參與國際論壇進行技術交流。

7. 成果發表及技術交流

(1) 本團隊共投稿 5 篇期刊、論文，分別為(a) 投稿 Remote Sensing of Environment，題目為 A Semi-empirical Scheme for Bathymetric Mapping in Shallow Water by ICESat-2 and Sentinel-2: A Case Study in the South China Sea。(b) 投稿 International Journal of Geographical Information Science，題目為 An Ontology integrating City Model and Internet of Things Open Standards for Smart City Applications。(c) 投稿 Advanced Engineering Informatics，題目為 Spatial Analysis with Detailed Indoor Building Models for Emergency Evacuation Service。(d)

投稿國土測繪及空間資訊，題目為東沙共站封閉型壓力式潮位計觀測值比對：2020。(e) 投稿國土測繪及空間資訊，題目為運用超高解析衛星進行疏濬高程控制可行性研究。

(2) 成立 GeoAI@NCU 及 GeoAI@NCTU 實驗室，研發三維國土形變與空間智能分析之相關智慧製圖技術，推動智慧製圖與空間資訊領域產業之聯結。

(3) 配合內政部參加 11 月 17 日舉辦之智能測繪應用相關之年度計畫成果發表活動，本團隊進行三小時之成果發表，共四項主題。

參考文獻

- 1、張智安, 饒見有, 陳良健, 2005. 福衛二號立體對影像產生數值地表模型之研究, 第三屆數位地球國際研討會論文集, pp. 130-137.
- 2、黃正龍、陳渭梯、蔡全烈, 2016, 利用無人飛行載具拍攝影像圖配合e-GNSS系統輔助農地重劃區地籍圖土地複丈作業之研究。
- 3、鄭有勝、徐元俊, 楊嘉欽, 2018, 利用無人飛行載具(Unmanned Aerial Vehicle, 縮寫: UAV)配合e-GNSS 系統辦理農地重劃區地籍圖重測現況測量之可行性分析: 以宜蘭縣員山鄉三泰段為例。
- 4、張寶堂, 利用無人飛機系統航拍輔助土地複丈, 2019, 國立臺灣師範大學地理學系碩士論文。
- 5、徐德富、陳志宗、陳錫禎, 2019, UAV輔助地籍測量之研究以月眉農地重劃區為例。
- 6、陳俊達、方惠民、蕭松山、康秋桂, 2019, UAV正射影像應用於未辦地籍整理地區現況測量之研究, 國土測繪與空間資訊期刊, 7(2), 67-85。
- 7、邱傑勤, 2018, 無人機應用於國有土地勘查之應用。
- 8、邱式鴻、王蜀嘉、張奕華、黃建華、陳錫禎, 2019, 以旋翼無人機航攝影像輔助辦理山區地籍圖重測之研究。
- 9、經緯航太科技股份有限公司, 2017, 106年度航拍與影像處理作業工作總報告。
- 10、日本國土交通省土地建設產業局地籍整備課, 2018, リモセン法による山村地籍調査マニュアル。
- 11、黃文彥. (2015). 集水區潛在崩塌區位動態劃定之研究. 中興大學水土保持學系所學位論文, 1-58.
- 12、葉彥駒. (2018). 結合多年期崩塌目錄及降雨因子建立崩塌機率模型.
- 13、衛強. (2006). 以多期遙測衛星影像監測臺大實驗林溪頭營林區三處崩塌地災害. 國立臺灣大學生物資源暨農學院實驗林研究報告, 20(1), 1-12.
- 14、陳棋炫, 王婷慧, 蘇俊陽, 趙韋安, 陳勉銘, & 費立沅. (2017). 利用多時期山崩目錄評估山崩發生度-以曾文水庫集水區為例. 工程環境會刊, (36), 49-66.
- 15、內政部, 2011, 一千分之一數值航測地形圖測製作業規定。
- 16、內政部, 2012。101 年度水深資料及高程基準分析工作案, 國立交通大學。
- 17、內政部, 2019。108 年度高程基準及參考系統服務工作案, 國立交通大學。
- 18、Codiga, D. L., 2011, Unified Tidal Analysis and Prediction Using the UTide Matlab Functions, Technical Report 2011-01, Graduate School of Oceanography, University of Rhode Island, Narragansett, RI, pp.59.
- 19、Basu, S., Ganguly, S., Mukhopadhyay, S., DiBiano, R., Karki, M., & Nemani, R. 2015. Deepsat: a learning framework for satellite imagery. In Proceedings of the 23rd SIGSPATIAL international conference on advances in geographic information

- systems (pp. 1-10).
- 20、Cheng, G., Han, J., & Lu, X. 2017. Remote sensing image scene classification: Benchmark and state of the art. *Proceedings of the IEEE*, 105(10), 1865-1883.
 - 21、Cheng, G., Han, J., Zhou, P., & Guo, L. 2014. Multi-class geospatial object detection and geographic image classification based on collection of part detectors. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 98, 119-132.
 - 22、Colesanti, C., Ferretti, A., Prati, C., Rocca, F., Monitoring landslides and tectonic motions with the Permanent Scatterers Technique. *Engineering Geology*, vol. 68, pp. 3-14, 2003.
 - 23、Dai, D., & Yang, W. 2010. Satellite image classification via two-layer sparse coding with biased image representation. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 8(1), 173-176.
 - 24、Eisenbeiss, H., Baltsavias, E.P., Pateraki, M., and Zhang, L., 2004. Potential of IKONOS and QUICKBIRD imagery for accurate 3D-point positioning, orthoimage and DSM generation, *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 35 (B3), pp. 522-528.
 - 25、Foreman, M. G. G., 1977. *Manual for Tidal Heights Analysis and Prediction*, Pacific Marine Science Report 77-10, Institute of Ocean Science, Patricia Bay, Sidney, BC, Canada, 97.
 - 26、Foreman, M.G.G., 1978. *Manual for tidal currents analysis and prediction*. Pacific Marine Science Report 78-6, Institute of Ocean Sciences, Patricia Bay, Sidney, BC, 57.
 - 27、Foreman, M.G.G., Cherniawsky, J.Y., Ballantyne, V.A., 2009, *Versatile Harmonic Tidal Analysis: Improvements and Applications.*, *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 26, pp.806-817, DOI: 810.1175/2008JTECHO1615.1171.
 - 28、Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S. A., Tyukavina, A., Thau, D., Stehman, S. V., Goetz, S. J., Loveland, T. R., Kommareddy, A., Egorov, A., Chini, L., Justice, C. O., Townshend, J. R. G. 2013. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science*, 342(6160), 850-853.
 - 29、Helber, P., Bischke, B., Dengel, A., & Borth, D. 2019. Eurosat: A novel dataset and deep learning benchmark for land use and land cover classification. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 12(7), 2217-2226.
 - 30、Hooper, A., Zebker, H., Segall, P., Kampes, B., A new method for measuring deformation on volcanoes and other natural terrains using InSAR persistent scatterers. *Geophys. Res. Letter*, 31, L23611, doi:10.1029/2004GL021737, 2004.
 - 31、Huntington, J. L., Hegewisch, K. C., Daudert, B., Morton, C. G., Abatzoglou, J. T., McEvoy, D. J., & Erickson, T. 2017. *Climate Engine: cloud computing and*

- visualization of climate and remote sensing data for advanced natural resource monitoring and process understanding. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 98(11), 2397-2410.
- 32、Igloukov, V., Mushinskiy, S., & Osin, V. 2017. Satellite imagery feature detection using deep convolutional neural network: A kaggle competition. arXiv preprint arXiv:1706.06169.
- 33、Jetz, W., McPherson, J. M., & Guralnick, R. P. 2012. Integrating biodiversity distribution knowledge: toward a global map of life. *Trends in ecology & evolution*, 27(3), 151-159.
- 34、Kim, T., and Rhee, S., 2011. DEM generation from high-resolution satellite images through a new 3D least squares matching algorithm, *Proceedings of the ISPRS Hannover Workshop on High-Resolution Earth Imaging for Geospatial Information*, 153-157.
- 35、Kuo, Y. T., Wang, Y., Hollingsworth, J., Huang, S. Y., Chuang, R. Y., Lu, C. H., ... & Chang, C. P. 2019. Shallow fault rupture of the Milun fault in the 2018 Mw 6.4 Hualien earthquake: A high-resolution approach from optical correlation of Pléiades satellite imagery. *Seismological Research Letters*, 90(1), 97-107.
- 36、Larionov, R., Khryashchev, V., & Pavlov, V. 2020. Separation of Closely Located Buildings on Aerial Images Using U-Net Neural Network. In *2020 26th Conference of Open Innovations Association (FRUCT)* (pp. 256-261). IEEE.
- 37、Leffler, K.E., Jay, D.A., 2009, Enhancing Tidal Harmonic Analysis: Robust (hybrid L-1/L-2) Solutions., *Continental Shelf Research*, 29, pp.78-88. DOI: 10.1016/j.csr.2008.1004.1011.
- 38、Leprince, S., Barbot, S., Ayoub, F., & Avouac, J. P. 2007. Automatic and precise orthorectification, coregistration, and subpixel correlation of satellite images, application to ground deformation measurements. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 45(6), 1529-1558.
- 39、Li, H., Tao, C., Wu, Z., Chen, J., Gong, J., & Deng, M. 2017. Rsi-cb: A large scale remote sensing image classification benchmark via crowdsource data. arXiv preprint arXiv:1705.10450.
- 40、Long, J., Shelhamer, E., & Darrell, T. 2015. Fully convolutional networks for semantic segmentation. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 3431-3440).
- 41、Lütjens, B., Liebenwein, L., & Kramer, K. (2019). Machine learning-based estimation of forest carbon stocks to increase transparency of forest preservation efforts. arXiv preprint arXiv:1912.07850.
- 42、Massonnet, D., Feigl K.L., 1998, Radar interferometry and its application to changes in the Earth's surface. *Rev. Geophys.*, 36 (4), pp. 441-500.

- 43、Mishra, A. 2018. Metrics to evaluate your machine learning algorithm. *Towards Data Science*.
- 44、Pawlowicz, R., B. Beardsley, and S. Lentz, 2002, Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T_TIDE, *Computers and Geosciences* 28(8): 929-937.
- 45、Pekel, J. F., Cottam, A., Gorelick, N., & Belward, A. S. 2016. High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes. *Nature*, 540(7633), 418-422.
- 46、Pilkington, N., Svetlichnaya, S., & Holmes, T. DroneDeploy. DroneDeploy Segmentation Benchmark. URL: <https://github.com/dronedeploy/dd-ml-segmentation-benchmark>. (last date accessed: 26 September 2020).
- 47、Puniach, E., Bieda, A., Cwiąkała, P., Kwartnik-Pruc, A., & Parzych, P. (2018). Use of unmanned aerial vehicles (UAVs) for updating farmland cadastral data in areas subject to landslides. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(8), 331.
- 48、Reichstein, M., Camps-Valls, G., Stevens, B., Jung, M., Denzler, J., & Carvalhais, N. 2019. Deep learning and process understanding for data-driven Earth system science. *Nature*, 566(7743), 195-204.
- 49、Rupnik, E., Daakir, M. & Pierrot Deseilligny, 2017, M. MicMac – a free, open-source solution for photogrammetry. *Open geospatial data, softw. stand.* 2, 14.
- 50、Schmitt, M., Hughes, L. H., Qiu, C., & Zhu, X. X. 2019. SEN12MS--A Curated Dataset of Georeferenced Multi-Spectral Sentinel-1/2 Imagery for Deep Learning and Data Fusion. *arXiv preprint arXiv:1906.07789*.
- 51、Stone, H. S., Orchard, M. T., Chang, E. C., & Martucci, S. A. 2001. A fast direct Fourier-based algorithm for subpixel registration of images. *IEEE Transactions on geoscience and remote sensing*, 39(10), 2235-2243.
- 52、Sumbul, G., Charfuelan, M., Demir, B., & Markl, V. (2019). Bigearthnet: A large-scale benchmark archive for remote sensing image understanding. In *IGARSS 2019-2019 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium* (pp. 5901-5904). IEEE.
- 53、Tai, Yu-Heng; Chang, Li-Yuan; Tsai, Fuan. 2018. Multi-Temporal Ground Deformation Monitoring for Mt. Agung, Indonesia Using Persistent Scatterer Interferometry. In: *EGU General Assembly Conference Abstracts*. 2018. p. 3830.
- 54、Teo, T. A., Shih, T. Y., & Chen, B. 2017. Automatic Georeferencing Framework for Time Series Formosat-2 Satellite Imagery using Open Source Software. In *Proceedings of the 38th Asian Conference on Remote Sensing*.
- 55、Thielicke, W., & Stamhuis, E. (2014). PIVlab--towards user-friendly, affordable and accurate digital particle image velocimetry in MATLAB. *Journal of open research*

- software, 2(1).
- 56、Toutin, T., 2006. Generation of DSMs from SPOT-5 in-track HRS and across-track HRG stereo data using spatiotriangulation and autocalibration, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 60 (3), pp. 170–181.
- 57、Tsai, Fuan; Tai, Yu-Heng. 2019. Fast Land Deformation and Damage Assessment After the 2018 Hualien Earthquake in Taiwan Using Multi-Source Remote Sensing Data. AGUFGM, 2019, 2019: NH31F-0912.
- 58、Xia, G. S., Bai, X., Ding, J., Zhu, Z., Belongie, S., Luo, J., Datcu, M., Pelillo, M., Zhang, L. (2018). DOTA: A large-scale dataset for object detection in aerial images. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 3974-3983).
- 59、Xia, G. S., Hu, J., Hu, F., Shi, B., Bai, X., Zhong, Y., ... & Lu, X. 2017. AID: A benchmark data set for performance evaluation of aerial scene classification. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 55(7), 3965-3981.
- 60、Yang, Y., & Newsam, S. 2010. Bag-of-visual-words and spatial extensions for land-use classification. In *Proceedings of the 18th SIGSPATIAL international conference on advances in geographic information systems* (pp. 270-279).
- 61、Zhang, L., and Gruen, A., 2006. Multi-image matching for DSM generation from IKONOS imagery, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 60(3): 195-211.
- 62、Zhou, W., Newsam, S., Li, C., & Shao, Z. 2018. PatternNet: A benchmark dataset for performance evaluation of remote sensing image retrieval. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, 145, 197-209.

其他相關資料及附件

附件 A：各期成果審查意見與回覆

附件 B：工作會議紀錄與簽到單

附件 C：期刊或研討會投稿全文或證明

附件 D：臺灣通用電子地圖及國土利用分級分類系統各別與國際開放資料集分類類別對應

附件 E：基隆潮位站水準測量報告

附件 F：基隆及東沙潮位站潮位調和分析主要分潮表

附件 G：國際測繪相關研討會

附件 H：智慧型潮位分析之發展

附件 I：GRB 登載結果(績效與佐證資料稽核)

附件 A：各期成果審查意見與回覆

第一期成果審查意見與回覆

	意見	意見回應
1	有關 4.1.1 利用雷達衛星影像發展長期地表形變智慧分析技術之實施方法 1 節，請於節末敘明本計畫規劃使用之技術及其實施步驟。(P. 20)	已補充於 4.1.1 節中。
2	有關 4.1.3 發展多元衛星影像智慧處理與立體重建技術 1 節，請敘明擬評估運用之電腦視覺演算法名稱。(P. 22)	本項工作使用 Structure from motion 演算法為基礎，發展數值地表模型重建技術。
3	有關 4.1.4 擴充衛星影像智慧增值應用與後續推動可行性評估 1 節，請簡要補充結合其他資訊增值應用分析之可行性評估實施步驟。(P. 23)	衛星影像智慧增值應用產品後續可作為相關平台的圖資，提供決策單位充足的資訊對應未來的挑戰與難題。具體作法為將衛星影像智慧增值應用成果產製成地理資訊系統等平台之空間資訊圖層資料，並匯入地理資訊系統，用作如資料展示、災情分析、應對決策等用途。
4	有關 4.3.1 雷達衛星影像地表形變分析之試辦與 4.3.4 以光學衛星影像進行地表形變分析之試辦部分，請補充目前規劃使用之分析技術。(P. 33、P. 38)	4.3.1 節之應用皆採用雷達差分干涉技術來產生多時序的地表變形成果，技術細節與影像處理流程參照 4.1.1 節說明。4.3.4 節主要使用多時期之數值地表模型進行三維差異分析。
5	有關 4.3.2 航遙測影像分析與辨識之結果擬於 Google Earth Engine(GEE)雲端應用平台進行試辦之規劃 1 節，請補充 GEE 平台之相關介紹與類似應用案例。(P. 37)	已補充於 4.3.2 節
6	有關 4.3.5 增加以臺灣地區航遙測影像進行地物辨識與分類試辦 1 節，請補充擬使用之影像資料來源與資料種類。(P. 39-40)	已補充於 4.3.5 節
7	有關 4.5.2 水深及高程測量相關成果發表之科教活動 1 節，請修正活動安排期程為 9 至 11 月。(P. 50)	已修正。

	意見	意見回應												
8	有關 4.5.3 航遙測技術與應用相關成果發表之科教活動 1 節，請補充因應新冠肺炎疫情之期程規劃及備選方案。(P.51)	目前本團隊已與中央大學衛星接收站聯繫、討論，預計在 7 月至 10 月間舉辦針對國中小教師之科教活動。若因疫情關係無法以實體場地舉辦，備選方案則選擇以網路視訊方式辦理科教活動。												
9	<table border="1" data-bbox="240 616 933 907"> <thead> <tr> <th data-bbox="240 616 341 665">頁碼</th> <th data-bbox="341 616 588 665">原內容</th> <th data-bbox="588 616 836 665">建議修正</th> <th data-bbox="836 616 933 665">備註</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="240 665 341 763">25</td> <td data-bbox="341 665 588 763">……最終產生地表立移廠……</td> <td data-bbox="588 665 836 763">……最終產生地表位移廠……</td> <td data-bbox="836 665 933 763"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="240 763 341 907">29</td> <td data-bbox="341 763 588 907">……遷移是學習僅更新分類層……</td> <td data-bbox="588 763 836 907">……遷移式學習僅更新分類層……</td> <td data-bbox="836 763 933 907"></td> </tr> </tbody> </table>	頁碼	原內容	建議修正	備註	25	……最終產生地表立移廠……	……最終產生地表位移廠……		29	……遷移是學習僅更新分類層……	……遷移式學習僅更新分類層……		已修正。
頁碼	原內容	建議修正	備註											
25	……最終產生地表立移廠……	……最終產生地表位移廠……												
29	……遷移是學習僅更新分類層……	……遷移式學習僅更新分類層……												

第二期成果審查意見與回覆

	意見	意見回應
劉委員正倫		
1	本案為 3 年期計畫第 1 年，表 1.3-1 已規劃未來 3 年的發展目標，建議在期末報告時，應針對每個工作項目之各子項工作說明未來 3 年目標是互相關聯？或是獨立？如果是互相關聯，應作說明其關聯性，以利瞭解本計畫整體未來 3 年的發展藍圖。	已在表 1.3-1 增列各期程工作項目之關聯，以說明本計畫整體未來 3 年的發展藍圖。
2	請工作團隊撰寫期末報告內容時，各工作項目內之子項工作內容，應先說明本項工作本年度主要目標為何？預期達到的成果？再詳述本年度具體成果；另各子項工作本年度成果及未來年度可應用方向亦請展示及詳述，讓研究成果可以落實於實務作業；若是需要未來 2 年持續研究優化作法，才能提出實際成果應用，亦請說明。	已於各工作項目內文中補充本年度與未來年度之說明。
3	表 1.3-1 規劃之發展目標內工作項目-衛星與航遙測影像智慧分析、辨識與製圖防災整合應用案例試辦，於報告書內容似乎稍有不足；另亦欠缺「評估智慧物聯網之防災整合應用技術」項目內容？請補充於報告書內。(P.5-P.6)；另該表規劃之發展目標內工作項目 1.「利用雷達衛星影像發展長期地表形變智慧分析技術」於 109 年度辦理影像處理參數的建立與測試，惟查 P.14 表 3.2-1 此項次工作進度規劃僅 4 月-7 月上旬，故該工作項目是否已完成本年度所有工作？請補充說明。(P.19-P.24)	已修正「利用雷達衛星影像發展長期地表形變智慧分析技術」進度規劃。
4	有關「4.3.1 雷達衛星影像地表形變分析之試辦」，第一部分全臺灣多時期變形監測試辦蒐集自 2016 年至 2018 年全臺灣共 61 張之 Sentinel-1 影像，本年度內可否進一步蒐集 2019 年影像加以分析；另第二部分「選定災害潛勢區域 L-波段與 X-波段雷達影像之試辦須選定至少 2 處，並與內政部討論定案」，惟期中報告未見規劃內容與後續辦理事項（本項內容當日簡報有提到試辦區），請補充說明。	本年度可以進一步分析至 2019 年的全臺灣變形狀態。另外 X 與 L 波段雷的雷達影像試辦部分，X 波段採用德國 TerraSAR-X 衛星，試辦區為彰化雲林地層下陷災害潛勢區、L 波段則採用日本 ALOS-2 衛星，試辦區為花蓮地區。

	意見	意見回應												
5	<p>「4.2.4 評估航遙測影像結合測量實工作之智慧整合應用」一節，除表 4.2-6 精度評估外，為評估 UAV 正射影像輔助辦理地籍測量製圖作業之可行性，應評估運用正射影像直接量測地物現況之精度是否可以達到辦理地籍測量作業之精度需求？(P.54-P.62) 後續是否有更多的利用或發展？另 110 年輔助道路測量及 111 年輔助建物測量之測量標的如何定義？請詳述。</p>	<p>表 4.2-6 精度評估為各案例比較實地測量地物與在正射影像量測地物現況之精度成果，所有案例的精度皆達到辦理地籍測量作業之要求，評估方式補充於表 4.2-7。</p> <p>本計畫評估與探討航遙測影像整合測量實工作之應用情境，提供以下三項建議：(1)地籍調查時，正射影像與三維點雲資料可放入地籍調查表內，提供現況資訊；(2)於山區或不易到達處指界時，可考慮用數值高程模型與正射影像進行數位指界(虛擬指界)；(3)地籍測量時，可利用正射影像執行初步量測工作，作為地籍調查的前置作業。</p>												
6	<p>圖 4.4-1 建議流程採中文表示；另流程圖內”yes”、”no”的表示與箭頭指向似有問題，請一併檢視修正。(P.81)</p>	<p>流程文字已採用中文表示。</p>												
7	<p>報告書文字相關問題：</p> <table border="1" data-bbox="240 1285 935 1585"> <thead> <tr> <th>頁碼</th> <th>原內容</th> <th>建議修正</th> <th>備註</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>41</td> <td>比較 PIV 第三組比較 PIV 與人工量測建築物的位移量</td> <td>比較 PIV 第三組地較 PIV 與人工量測建築物的位移量</td> <td>文字修正</td> </tr> <tr> <td>49</td> <td>4.2.3 評估航遙測影像結合測量實工作之智慧整合應用</td> <td>4.2.3 建立航遙測自動化地物智慧辨識與分類技術，並評估其精度與成效</td> <td>工作項目修正</td> </tr> </tbody> </table>	頁碼	原內容	建議修正	備註	41	比較 PIV 第三組比較 PIV 與人工量測建築物的位移量	比較 PIV 第三組地較 PIV 與人工量測建築物的位移量	文字修正	49	4.2.3 評估航遙測影像結合測量實工作之智慧整合應用	4.2.3 建立航遙測自動化地物智慧辨識與分類技術，並評估其精度與成效	工作項目修正	<p>已修正文字內容。</p>
頁碼	原內容	建議修正	備註											
41	比較 PIV 第三組比較 PIV 與人工量測建築物的位移量	比較 PIV 第三組地較 PIV 與人工量測建築物的位移量	文字修正											
49	4.2.3 評估航遙測影像結合測量實工作之智慧整合應用	4.2.3 建立航遙測自動化地物智慧辨識與分類技術，並評估其精度與成效	工作項目修正											
洪委員榮宏														
1	<p>本計畫目標具有前瞻性，期許以新技術提升形變監控及智能分析之成果，就目前報告書內容，形變著重在地形上的位移，建議設立明確監控對象及確定目標定位，並與國內相關單位建立互動或與各部會業務連結發展，以具體突顯研究成果；另研究成果是追求更快？更廣？更精準？或回應我國特性？有關本案預計提升目標建議再作說明。</p>	<p>本計畫之地表形變著重在地形上的二維位移場，未來可能應用為監控山區之地質敏感區，以觀察其地形位移呈度。本計畫主要目標是驗證技術之可行性，即技術是否可應用於地形位移偵。</p>												

	意見	意見回應
2	本案後續應用是否再發展我國之訓練資料集或自行開發辨識模組？	本計畫先期研究是分析國際公開資料集，未來會嘗試以開放資料進行適用我國地物特性之訓練資料集。 本計畫會自行開發辨識模組，例如適用臺灣通用電子地圖之房屋辨識模組等。
3	為因應不同需求之地籍測量，建議研究對應之共同作業程序或規格影像產品，供地政單位參考，後續可進行多目標應用。	本計畫將建議應用無人機輔助地籍測量作業之注意事項。無人機用於輔助地籍測繪的主要產品為正射影像，由於地籍測量之目的不同，不易達成共同規格之影像產品。
4	本案防災對象之選擇以崩塌為主，國內已有諸多研究，且有政府單位投入，如何與已有的研究區別定位或納入前人成果？後續執行策略為何？後續如果成功發展自動辨識分類技術，有關地形地物變遷成果，是否可作為國土測繪中心的國土利用調查資料更新參考？	本計畫主要進行崩塌後該地植物變化監測，利用航遙測影像分析崩塌地是否有穩定回復表面植被或是持續維持裸露狀態，屬於歷史資料與坡地復育情形監測，不同於潛勢崩塌地區研究，前人研究成果會成為尋找存在的崩塌地參考資訊。地物變遷偵測正在進行五千分之一比例尺圖資試辦，是否可作為國土利用調查資料更新參考將於 4.3.5 章節後續說明。
5	有關智慧物聯網部分，要如何突顯 Unity 在應用中的必要性及優勢？智慧居家部分建議與商用智慧家庭之系統比較差異；另移動物件可加入速度定義去做分析，追蹤建議設定移動對象後，以確定成果目標。	Unity 主要是一個媒介，避免實際建置及佈設物聯網裝置的成本及硬體建置困難，其本身並非必須使用的工作，然而其具有大量模擬情境可用之資源，可幫助提升開發時的效率。移動物件之速度條件已加入流程中進行雜訊濾除判斷。而有關移動物件軌跡驗證，由於目前物件辨識之方法仍面臨挑戰，預計待方法改進後再進行驗證。

	意見	意見回應
6	潮位資料是否也考量智能分析的可行性?	謝謝建議，目前智能分析多應用於水位預報，亦即納入天文潮以外之致潮因素時。本案迄今以處理長期觀測之潮位的天文潮為主，尚未應用智能分析，附件 H 智慧型潮位分析之發展回顧文獻探討可行性。
王委員聖鐸		
1	本案擬發展之技術已具備雛型，均符合表 3.2-1 預定工作進度表之規劃，且多項技術已有初步成果，建議可加入表 3.2-1 中呈現，例如今日報告投影片 P82-83 內容之相關檢核資料皆可列於報告書內容。(P.13)	遵照辦理。
2	報告書內用字建議更精準或是採一般普遍用字，例如投影片 P3「發展智慧測量」為 Mapping 之翻譯，智慧測繪或繪圖應較適當，報告書內圖 4.4-2(d)二值化處理建議修改為二元化 (P.82)；有關名詞翻譯請參考國家教育研究院之「雙語詞彙、學術名詞暨辭書資訊網」。	已針對報告內容進行修正。
3	報告書內 UCMLU 資料集以 Inception V3 的總體表現最佳，但對應表 4.2-4 測試精度應為 Vgg16 最佳，文字敘述請再釐清。(P.51)	檢視實驗資料確認表 4.2-4 中測試精度是 Vgg16 最佳已經更正文字敘述，並且修正圖 4.2-10 座標軸範圍，避免不同座標軸範圍造成誤讀。
4	有關圖 4.3-8 報告書內敘述「圖中紅色線條為土石流潛勢溪流」，是否應與災防中心災害潛勢圖中的「土石流潛勢溪流影響區」作比較，溪流為線型(line)的概念，本計畫應討論面向(polygon)的災害潛勢區，請確認辨識目標為何。(P.71-P.72)	「土石流潛勢溪流影響區」主要為溪流下游可能受土石流影響之範圍，而本計畫所討論的目標為土石崩落位置，較適合與土石流潛勢溪流位置相互比對。
5	有關圖 4.3-9 所列基本圖圖號有誤，第 5 碼應為羅馬符號，非均以數字編列，例：96224071 應為 9622IV071，其敘述文字請併同修正。(P.73)	已經修正圖 4.3-9 所列基本圖圖號第 5 碼為羅馬符號，敘述文字也一併完成修正

	意見	意見回應
6	三維模型建置於室內環境所需之完整程度(非指以 LOD1-4 分級,而是物件種類等項目),才能符合智慧需求?請於報告書內多加說明;另報告書所提「匯入外部建置之建物模型」內容,建議可逐一建置模型元件匯入,測試是否可突破一次建置模型卻被視為單一物件之問題。(P.76)	關於匯入外部模型,確認可逐一建置模型元件匯入。關於三維模型室內環境建置之完整度,應須根據應用需求及資料進行判斷。然而,若模型與物聯網可直接 1 對 1 對應有利連結此兩種資料。
7	圖 4.1-1 流程圖判斷的指示方向請修正一致,一般主流程通常判斷為 yes,另判斷文字之排版亦請注意位置。(P.81)	已修正。
8	有關「4.5 數據分析與科教活動」建議將科教活動另立標題,將水深與高程相關、航遙測技術等 2 個教育訓練提列敘明之。(P.83)	由於 4.5 節為服務建議徵求書之工項,為避免造成後續採購、驗收作業困擾,經與內政部討論後,仍維持原工項內容。
9	本案工作項目龐大,是否有辦理一場成果發表或展示會可行性?建議可與基隆海科館、台中科博館或高雄科工館合作,增加科普教育機會。	本計畫已參與內政部之成果發表會,並與與基隆海科館合作,進行科普教育。
本部地政司		
1	表 1.3-1 的工作項目及發展目標等,請團隊於研究過程中持續與本部作滾動式修正,以符實際。(P.5-P.6)	本團隊會依據研究進度適時調整,以符實際。
2	報告書內 P48 提及「RSI-CB128……該資料集的分類類別為亞洲地區所設計,相較於其他資料及的類別更適用於本次研究。」惟本案選用 UC Merced Land Use(UCMLU)資料集作為訓練資料,其原因為何?另請補充說明該資料集之建立方式及特性。(P.46-P.51)	本計畫為進行跨資料集之驗證分析,考量 UCMLU 及 PatternNet 有共同的分類類別,故必須使用使用 UCMLU 進行訓練。

	意見	意見回應
3	<p>利用 2016-2018 年全臺灣共 61 張 Sentinel-1 影像製作之 PSInSar 成果值得參考，該製作程序可提供本部作為更新製圖上重要資訊，針對產製需要資料及相關作業時間可於報告書內敘明，有關是否可取得相關免費資源亦請提供本部參考。另請多加描述由人工智慧角度如何自動化處理？有關標準作業流程、相關修正及改正請於報告書內詳述之，其成果是否與地面真值或是自行比較?(P.64-P.65)</p>	<p>歐洲太空總署的哥白尼計劃所獲取之衛星影像街開放全球的使用者免費下載，其中便包含本次試辦案例所採用的 Sentinel-1 衛星影像。人工智慧自動化處理的部份，由於雷達差分干涉與其衍伸技術皆需大量的影像處理參數設置，必須根據影像處理範圍，目標的物的雷達散射特性來決定，現階段都需要人工進行判斷與設定，必要時需要嘗試樹種參數來達到最佳的影像處理成果，本案規劃採用智慧學習的方式來開發參數自動最佳化的機制，預期能有效降低人工參數調配之工作量與影像重新處理的時間。</p> <p>本年度提供之 PSInSAR 地變形成果僅可進行自我相對量值比較，要計算至地面真值需仰賴地面 GPS 站的資料來輔助進行，這也是下一年度(110)計畫將會進行的事項。</p>

	意見	意見回應
4	<p>本部今年度委託雲林縣政府及臺南市政府代辦 UAV 於地籍測量作業評估案，建議團隊可了解委辦案相關內容，並將本案蒐集的相關案例供受託縣市參考，相關成果可相互交流應用，精進 UAV 應用地籍測量業務。</p>	<p>本計畫已派員參與雲林縣政府 109 年無人機航拍大比例尺正射影像套繪地籍圖測量作業輔助判釋實務分析成果發表會。經由會議了解委託雲林縣政府代辦 UAV 於地籍測量作業評估案的實施狀況，於農地研究區域產製之 UAV 高解析度正射影像符合地籍測量實施規則第 90 條規定。另外，比較地面實測樁位與正射影像量測之相對誤差，正射影像成果也符合地籍測量實施規則第 73 條規範，影像成果達到輔助地籍圖套疊分析及判釋之效果。不過，由於界址點於正射影像不易辨認，因此建議現況量測選擇容易辨識之水泥樁或路溝交界處等。</p>

	意見	意見回應
5	戶地測量應用無人機部分，請注意戶地航空攝影測量相關規範（地籍測量實施規則第 106-131 條），有關地籍上界址點精度分析，建議可以採現地界址點檢核或採虛擬界址之可行性，亦可參依本年度 2 代辦案之成果進行討論。	<p>本計畫建議應用無人機輔助地籍測量作業之注意事項將地籍測量實施規則第四節戶地航空攝影測量第 108-112、115、119 條等規範納入考量，使執行航拍任務之時間、航線重疊率與航線方向規劃等符合規定。然現有戶地航空攝影測量規則規範的是量測型相機，但 UAV 大多採用非量測型相機，故無法直接套用既有法規來規範現行 UAV 作業。</p> <p>依文中案例八(雲林縣農地重劃區代辦案)之實施狀況，界址點在利用 UAV 產生之正射影像上不易辨認，故無人機不利於做界址點檢核，建議現況量測選擇容易辨識之水泥樁或路溝交界處等。</p>
6	本案有關物聯網整合應用係注重智慧感測器之防救災部分，情境設定請加強防災概念置入，結合與本案的相關性，之後可以應用到其他工作案或別的面向，另本案成果請利用真實空間圖資作情境模擬，採實際場域進行應用測試。	<p>移動物件追蹤之預計應用將包裝為災害發生時逃生時的人員追蹤，以判斷受困人員之所在。由於移動物件追蹤方法仍受影像品質等限制，尚待優化後套用在實際應用情境進行演練。此外，目前所使用的場域有實際場域及真實空間圖資以進行地理對位，後續亦可嘗試於其他場域進行測試。</p>
7	有關潮位站分析部分，是否能比較 3 種潮位計之優劣?本部亦有委託成大團隊做深度基準相關研究，本案成果可與分析比較。	<p>以於 4.5 基隆新設潮位站章節納入 3 種潮位計之比較，另已洽成大團隊了解該計畫，惟該計畫並未納入本潮位站分析。</p>

意見		意見回應																								
8	工作計畫書部分內容建議修正如下，其餘內容文字請再詳校：	已修正文字內容。																								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>頁碼</th> <th>原內容</th> <th>建議修正</th> <th>備註</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>20</td> <td>在進行項配準、產生干涉圖、全相位回復、地理座標投影等步驟</td> <td>再進行項配準、產生干涉圖、全相位回復、地理坐標投影等步驟</td> <td>文字修正</td> </tr> <tr> <td>48</td> <td>相較於其他資料及的類別更適用於本次研究</td> <td>相較於其他資料集的類別更適用於本次研究</td> <td>文字修正</td> </tr> <tr> <td>49</td> <td>使用遷移式學習(Transfer Learning)，遷移是學習僅更新分類層(Classification Layer)的參數，</td> <td>使用遷移式學習(Transfer Learning)，遷移式學習僅更新分類層(Classification Layer)的參數，</td> <td>文字修正</td> </tr> <tr> <td>75</td> <td>透過及時整合停車場內部的資訊</td> <td>透過即時整合停車場內部的資訊</td> <td>文字修正</td> </tr> <tr> <td>113</td> <td>(1)建立航遙測影像地表形變智慧分析技：</td> <td>(1)建立航遙測影像地表形變智慧分析技術：</td> <td>文字缺漏</td> </tr> </tbody> </table>	頁碼	原內容	建議修正	備註	20	在進行項配準、產生干涉圖、全相位回復、地理座標投影等步驟	再進行項配準、產生干涉圖、全相位回復、地理坐標投影等步驟	文字修正	48	相較於其他資料及的類別更適用於本次研究	相較於其他資料集的類別更適用於本次研究	文字修正	49	使用遷移式學習(Transfer Learning)，遷移是學習僅更新分類層(Classification Layer)的參數，	使用遷移式學習(Transfer Learning)，遷移式學習僅更新分類層(Classification Layer)的參數，	文字修正	75	透過及時整合停車場內部的資訊	透過即時整合停車場內部的資訊	文字修正	113	(1)建立航遙測影像地表形變智慧分析技：	(1)建立航遙測影像地表形變智慧分析技術：	文字缺漏	
頁碼	原內容	建議修正	備註																							
20	在進行項配準、產生干涉圖、全相位回復、地理座標投影等步驟	再進行項配準、產生干涉圖、全相位回復、地理坐標投影等步驟	文字修正																							
48	相較於其他資料及的類別更適用於本次研究	相較於其他資料集的類別更適用於本次研究	文字修正																							
49	使用遷移式學習(Transfer Learning)，遷移是學習僅更新分類層(Classification Layer)的參數，	使用遷移式學習(Transfer Learning)，遷移式學習僅更新分類層(Classification Layer)的參數，	文字修正																							
75	透過及時整合停車場內部的資訊	透過即時整合停車場內部的資訊	文字修正																							
113	(1)建立航遙測影像地表形變智慧分析技：	(1)建立航遙測影像地表形變智慧分析技術：	文字缺漏																							

第三期成果審查意見與回覆

	意見	意見回應
劉委員正倫		
1	P37、38 圖 4.1-14 顏色標示與文字敘述「白色區塊」及「黑色區塊」無法對應，另請補充表 4.1-2 有關各欄位之定義。	已修正圖 4.1-14 對應之內文敘述。
2	P45 敘及「另外並統計各組立體對之匹配成功點數，相關統計如表 4.1-4 所示」，惟該表內所載係「匹配點點數(點)」，請統一文字。	已修正表 4.1-4 內容，修正「匹配點點數(點)」為「匹配成功點數(點)」。
3	P65 敘及「BigEarthNet、PatternNet 及 RSI-CB128 分類類別均無缺漏；DroneDeploy 與 UC-Merced 分類類別無法對應至 e-Map 的鐵路及捷運類別；EuroSat 分類類別無法對應至 e-Map 的鐵路及捷運、區塊這兩種類別。」與下段各國標竿測試集與 e-Map 無法對應之分類內容不一致，請再確認。	已補充說明。
4	P88 表 4.2-7 精度評估欄內，部分有 2 列或 3 列，請補充說明意義。	已補充說明。
5	P108 圖 4.3-8 與 P109 圖 4.3-9 之 color-bar 請改一致尺度，以利直觀比較。	已修正圖片。
6	P132 表 4.3-4 內類別，建議列上中文名稱，方便閱讀。	已補充中英文名稱。
7	P153 敘及各單位 CCTV 會造成影像資料流整合應用極為困難，請具體描述困難情形及發生原因，本計畫研究如何克服此類問題？並提出未來可能解決方式。	已補充說明異質 CCTV 攝影機影像之獲取可透過標準化解決，因此本工作針對跨 CCTV 影像之整合應用進行探討。
8	P187 表 4.5-6 未列出 2015 及 2020 年之計算成果，如有資料請補列入。	已補充 2015 及 2020 年成果。
9	報告書文字錯誤需修正處已註記於報告書內，提供修正參考。	已修正文字錯誤。
邱委員式鴻		
1	本計畫案可分年擴充三年期，建議封面、摘要及第一章內容加強陳述，並敘明 109 年為第一期之研究，再於第五章結論敘明本(109)年度成果及 110、111 年預計可完成之工作項目及相關建議事項。	已補充說明。
2	P5 表 1.3-1 與章節 1.2.2、1.2.3 及 1.2.4 工作項目無法完全對應。	已補充、修改。
3	P9、10 第二章背景分析內容稍嫌單薄，建議可併入第一章前言文字內 1.1 計畫背景；第四章標題請改為「實施方法與成果」。	已修正章節編排，並補充修正。

	意見	意見回應
4	P36 圖 4.1-11 及圖 4.1-13 以 CNN 預訓練模型目的再進行 RF 偵測原因為何？可改採 CNN 直接訓練與偵錯之流程？另未說明地真資料；表 4.1-2 表頭欄位英文名詞請敘明，P70 之公式建議列於此節。	CNN 預訓練模型是為了提取前期及後期影像之特徵，另外因所使用之地形因素、紋理特徵、變異向量特徵無前後期影像(即 CNN input 資料需要前後期資料)，所以以隨機森林作為最後偵測。且隨機森林適用於不同種類的資料因此適合用在此方法中。
5	P208 所載「4.8 成果效益評估與計畫進度管考」內容與 P15 文字均相同，登載結果應附於成果報告書附錄，另有關「(名單須先與內政部討論)」應修正文字。	登載結果補充於附件 I，並修正文字。
王委員聖鐸		
1	有關 P2 圖 1.2-1 可否加入 1.2.4 科教活動之工作項目；P8 表 1.3-1「成果發表及效益評估」請列出 109 年工作成果。	已補充圖示內容及相關文字。
2	請補充說明 P203 所提成立 GeoAI@NCU 及 GeoAI@NCTU 實驗室的組織架構、具體任務，本工作案結束後永續發展的目標及社會責任等。	已補充說明。
3	P22 中段用字請重新檢視，有關 Coregistration 專有名詞之中譯請統一（P23 所載影像配準或影像對位、影像釘合？）；P25「PS」之簡寫未說明中英文全名，圖 4.1-4 標題之 PSInSAR™ 為註冊商標？	已補充說明。
4	P29 文字請再行檢視，第一段未結尾，第三段所載（a'b'）及（ab）請對應圖 4.1-6 修正為大寫。	已修正文字。
5	P34 圖 4.1-9 建議在圖廓加上坐標方格軸或經緯網格等位置資訊；圖內黑線請改為其他顏色，其是否為行政區界？亦可於圖上註記行政區名稱；角二階矩（ASM）請標明英文全名。P35「共生灰度矩陣」建議依國教院學術名詞翻譯為「灰階共生矩陣」。	已補充經緯度位置資訊，並補充英文全名及修正名詞翻譯為「灰階共生矩陣」。
6	P49 所提 cross-power spectrum 請補上中文名稱；另所載「正射影像匹配成果可以反映位移」請再加以清楚描述。	已補充說明。
7	P64 所載「通用電子地圖」應為「臺灣通用電子地圖」，請檢視報告書內容統一修正，其為我國自有系統，不建議採英文縮寫 e-Map。	已修正「通用電子地圖」為「臺灣通用電子地圖」。
8	P71 圖 4.2-10 中左列英文名詞請改為中文；P95「像機靈敏度」所指為何？建議補上英文名詞。	已補充說明。

	意見	意見回應
9	P101 圖 4.3-1「LOS Velocity」負值表示地形下沉？建議於報告書補充相關圖說敘述，並清楚說明水平及垂直方向變形量。	數值為衛星視角方向(Line of sight, LOS)之平均變形速度，負值以藍色表示，代表地表相對下沉；正值以紅色表示，代表地表相對抬升，需注意 LOS 方向變形速度成果同時受到水平與垂直變形速度影響，因此 LOS 成果無法分離出水平與垂直變形量
10	P107 所載「地表變形主要沿著米崙斷層發生」，依圖 4.3-8 所示，應為「以米崙斷層為分界」，請釐清文字敘述；P108 末行所指「相干性」是否同前文所提「相關性」？	由成果可見 2018 年花蓮地震之地表變形主要以米崙斷層為分界，東側以抬升為主，變形量達 150mm。 相關性與相干性相同，已統一文中相同意義之詞彙為「相關性」
11	P126 圖 4.3-27 (a) 前期數值地表模型似經平滑化處理？請確認是否正確；P169 文字內容請再潤飾。	前期數值地表模型為原始取得資料，無經後製處理。
12	P173 圖 4.5-2 標示 K996 及 K997 之註記，所指位置請再確認。	已修正圖 4.5-2。
本部地政司		
1	P16 表 3.2-1 項次 1 工作項目「期末報告」請補上實際進度之底色。	已修正進度底色。
2	P42 所提 Pleiades 三重疊立體像對組成之比較，有關數值地表模型產製內黑色部分為匹配失敗的區域，是否能量化該區塊面積或像素數量以供比對，非僅以文字敘述之。	已補充量化數據。
3	P91 有關所述「地籍測量實施規則」中與航空攝影測量相關的作業準則有些「與現今航測作業方式不符」，建請酌修為「相較目前航測作業實務需求無法滿足且部分不合時宜」，並潤飾相關字句。	已補充說明。
4	P155 所提類神經網路追蹤器 RE ³ 與 P165 所提 Re ³ 追蹤器是否一致？請統一寫法。	為相同類神經網路追蹤器，已修正統一寫法。

意見				意見回應
5	工作計畫書部分內容建議修正如下，其餘內容文字請再詳校：			已修正文字內容。
	頁碼	原內容	建議修正	備註
	1	引進國外先進行航遙測技術進行測試研究	引進國外先進航遙測技術進行測試研究	贅字刪除
	4	本計畫規劃配合機關及國立海洋科技博物館	本計畫規劃配合內政部及國立海洋科技博物館	文字修正
	19	期中報告將於 109 年 7 月 10 日前繳交，期末報告將於 109 年 11 月 25 日前繳交，俟內政部指定期限內，依審查意見修正後分別繳交期中報告及期末報告定稿。	期中報告已於 109 年 7 月 8 日前繳交，期末報告將於 109 年 11 月 25 日前繳交，並依第一、二期成果審查意見修正，於內政部指定期限內，依審查意見修正後繳交期末報告定稿。	依實務執行情形酌予修正
	22	以下詳細敘述個步驟之處理方法與過程	以下詳細敘述各步驟之處理方法與過程	文字修正
	23	方能獲取地變形所產生之相位	方能獲取地表變形所產生之相位	文字缺漏
	26	單純考慮訊號強度所選出來的 PSC 未必具有 PS 像素的性質	單純考慮訊號強度所篩選出來的 PSC 未必具有 PS 像素的性質	文字修正
	108	相干性又受到雜訊、天候狀態、時間機線與空間基線之影響，……，僅都會區能免強生成干涉成果，	相干性又受到雜訊、天候狀態、時間基線與空間基線之影響，……，僅都會區能勉強生成干涉成果，	文字修正
	141	包含智慧居家之節能與安全、停車場導引與節能、及遠距救護	包含智慧居家之節能與安全、停車場導引與節能、遠距救護	贅字刪除，P212 請一併修正
	145 147	M 查看數據「頁」面		請修正字型
	154	進行 <u>臨</u> 近邊界框的合併	進行 <u>鄰</u> 近邊界框的合併	文字修正
	205	配合內政部參加於 11/17 日舉辦之智能測繪應用……	配合內政部參加於 11 月 17 日舉辦之智能測繪應用……	改以月日表示
	208	目前共召開 6 次工作會議	本計畫案共召開 6 次工作會議	文字修正
	226	未來會償試以開放資料進行適用我國地物特性之訓練資料集	未來會嘗試以開放資料進行適用我國地物特性之訓練資料集	文字修正

附件 B：工作會議紀錄與簽到單

109 年度

三維地形圖資技術發展工作案

第一次工作會議紀錄

● 時間：109 年 05 月 11 日 11:00

● 地點：遠端視訊會議

● 出席人員：

國立中央大學太空及遙測研究中心 蔡富安、劉育青、劉建良、戴于恒

國立交通大學土木工程學系 張智安

● 議題：

一、 成果繳交與日期提醒

- 確定三階段繳交成果、期限與內容。

二、 需與內政部討論之計劃試辦內容

(1) 雷達衛星影像地表形變分析之試辦

1. 雲林地層下陷區：X 波段 TerraSAR-X 衛星解析度 3m，面積 30x50 平方公里。
2. 2018 年 2 月 6 日花蓮地震事件：L 波段 ALOS-2 衛星解析度 3m，面積 55x70 平方公里。

(2) 航遙測影像分析與辨識之結果

1. 應用試辦主題為坡地防災。
2. 應用試辦區：花蓮玉里(400mx500m)。
3. 應用試辦平台為 GEE 雲端開放平台。

(3) 增加以高解析光學衛星影像進行地表形變分析之試辦

1. 試辦主題為地表形變。
2. 試辦區：高雄荖濃溪(150 平方公里)。

(4) 增加以臺灣地區航遙測影進行地物辨識與分類試辦

1. 新竹地區共 10 幅，96224071-96224072、95221089-95221090、95221099-95221100、95224081-95224082、95224091-95224092。

(5) 評估智慧物聯網之防災整合應用技術

1. 試辦場域：國立中央大學-太遙中心大樓二期館。

(6) 配合內政部及國立海洋科技博物館，規劃水深與高程測量相關成果發表之科學教育教材

1. 預計對象為高中職學生為主。
2. 邀請之對象近期內參與相關活動意願較低，目前維持原邀請對象，未來將視疫情發展情形，適時調整活動相關應變措施。

(7) 規劃航遙測技術與應用相關成果發表之科學教育教材，並舉辦 1 場次(至少 6 小時)之科教活動

1. 預計對象為國中、小教師為主。
2. 邀請之對象近期內參與相關活動意願較低，目前維持原邀請對象，未來將視疫情發展情形，適時調整活動相關應變措施。

(8) 協助推動國際測繪合作事務

1. 本團隊配合內政部需求，參加至少 1 場次國際測繪相關研討會，蒐集會議資料製作研討報告。暫定參加 ISPRS 2020 Virtual Event (2020 Aug)。
2. 本團隊配合內政部推動臺印尼測繪協定合作事務需求，協助參與測繪技術服務團(GEM)技術交流，並於雙邊諮商會議提供專家諮詢顧問服務。配合內政部辦理。

三、 其他議題：

- 無。

- 散會 (12:00)

內政部 「109 年度三維地形圖資技術發展工作案」

第一次工作會議簽到單			
會議時間		109 年 05 月 11 日 上午 11:00	
會議地點		遠端視訊會議	
編號	所屬單位	姓名	簽名欄
01	國立中央大學	蔡富安	蔡富安
02	國立中央大學	劉育青	劉育青
03	國立中央大學	劉建良	劉建良
04	國立中央大學	戴于恒	戴于恒
05	國立交通大學	張智安	張智安

109 年度

三維地形圖資技術發展工作案 第二次工作會議紀錄

● 時間：109 年 06 月 29 日 14:00

● 地點：遠端視訊會議

● 出席人員：

內政部地政司

李育華

國立中央大學太空及遙測研究中心

蔡富安、黃智遠、劉育青、劉建良、
戴于恒

國立交通大學土木工程學系

張智安

● 議題：

一、 成果繳交與日期提醒

- 確定期中繳交成果、期限與內容。

二、 各工項進度確認

(1) 利用雷達衛星影像發展長期地表形變智慧分析技術

- 建立雷達差分干涉技術影像處理系統

(2) 建立機器學習於高解析光學影像地表形變分析技術

- 建立訓練資料前處理
- 使用卷積神經網路及隨機森林建立訓練方法

(3) 發展多元衛星影像智慧處理與立體重建技術

- 計算影像像對共軛點並進行方位平差
- 影像密匹配產生三維點雲資料

(4) 雷達衛星影像地表形變分析之試辦

- 全臺灣多時期雷達影像差分干涉變形成果

(5) 增加以高解析(2 公尺或更優)光學衛星影像進行地表形變分析之試

辦

- SPOT-6/7 立體像對資料拍攝
- (6) 模擬基於感測器與模型資料，發展智慧建築等適地性應用；前述模擬須運用三維圖資在內之整合技術
- 應用案例設計
 - Unity3D 功能測試
 - 案例行為調整
- (7) 模擬基於三維圖資與路網資訊整合路側影像感測器，發展具跨影像區域分析及物件追蹤之智慧防救災整合技術
- 模擬影像獲取
 - 演算法流程設計
 - 移動物件偵測及追蹤演算法開發
- (8) 建立航遙測影像地表形變智慧分析技術
- 影像前處理
- (9) 建立航遙測影像智慧辨識訓練資料集，須對不同類型之資料集進行整理並分析其適用性
- 蒐集及申請航遙測影像國際標竿測試(Benchmarking)資料集
- (10) 建立航遙測自動化地物智慧辨識與分類技術，並評估其精度與成效協助推動國際測繪合作事務
- 進行傳統遷移式學習於航遙測影像土地覆蓋分類
- (11) 評估航遙測影像結合測量實工作之智慧整合應用
- 蒐集與分析 UAV 影像應用於地籍測繪作業之案例
- (12) 航遙測影像分析與辨識之結果，須與相關應用平台進行整合試辦，其試辦方案須與內政部討論後辦理
- 資料匯整於應用平台
- (13) 增加以臺灣地區航遙測影進行地物辨識與分類試辦，試辦區至少須達 10 幅五千分之一圖幅範圍

- 資料匯整於應用平台

(14) 辦理高程基準潮位站數據分析工作

- 蒐集及分析基隆即東沙潮位站數據

(15) 配合內政部及國立海洋科技博物館，規劃水深與高程測量相關成果發表之科學教育教材

- 規劃議程及備案

三、 其他議題：

- 無。

- 散會（15:30）

內政部 「109 年度三維地形圖資技術發展工作案」

第二次工作會議簽到單			
會議時間		109 年 06 月 29 日 上午 14:00	
會議地點		遠端視訊會議	
編號	所屬單位	姓名	簽名欄
01	內政部地政司	李育華	李育華
02	國立中央大學	蔡富安	蔡富安
03	國立中央大學	黃智遠	黃智遠
04	國立中央大學	劉育青	劉育青
05	國立中央大學	劉建良	劉建良
06	國立中央大學	戴于恒	戴于恒
07	國立交通大學	張智安	張智安

109 年度

三維地形圖資技術發展工作案

第三次工作會議紀錄

● 時間：109 年 07 月 24 日 11:00

● 地點：遠端視訊會議

● 出席人員：

國立中央大學太空及遙測研究中心 蔡富安、黃智遠、劉育青、劉建良、
戴于恒

國立交通大學土木工程學系 張智安

● 議題：

(一) 工作項目與預期目標

(二) 各工項進度實施方法與成果

● 會議內容：

一、 工作項目與預期目標

- 確定各工作項日期中目標進度。

二、 各工項進度實施方法與成果

(1) 應用人工智慧發展衛星影像地表形變分析技術與應用

- 完成影像處理流程、初始參數設定與對應成果的產製
- 應用不同時期之高解析光學影像以機器學習偵測地表崩坍之初步測試
- 應用三重疊衛星立體像對重建數值地表模型之初步測試

(2) 應用人工智慧發展航遙測影像辨識技術與應用

- 使用前後期航測影像，以影像匹配技術建立地表位移場偵測技術
- 完成蒐集各衛星影像資料庫，同時對各個資料集進行優缺點分析

- 探討 UAV 影像於地籍測繪作業案例及適用性研究

(3) 衛星與航遙測影像智慧分析、辨識與製圖防災整合應用案例試辦

- 以歐空局 Sentinel-1 衛星影像進行 C 波段多時期雷達差分干涉地表變形分析應用試辦，並取得初步防災分析功能
- 匯入航遙測影像資料集至 Google Earth Engine 平台
- 取得光學衛星影像地表形變分析試辦區域之 SPOT-6/7 立體像對
- 完成不同年度航空正射影像與地表覆蓋分類圖之申請作業

(4) 評估智慧物聯網之防災整合應用技術

- 完成模型建置、事件觸發、及導航功能之測試
- 跨 CCTV 影像之移動物件追蹤技術開發，並進行初步測試

(5) 數據分析與科教活動

- 分析基隆新設潮位站自 2015/4/10~2020/4/30 之六分鐘潮位數據
- 分析東沙潮位站自 2009/8/23~2020/4/30 之六分鐘潮位數據求得平均海水面高
- 配合建置之海科館之潮位站及鄰近之臺灣水準原點為主題，邀請高中職學生參與，若因疫情學生無法離校，則以赴校教學作為備案
- 以衛星遙測科技應用案例進行說明，邀請國中小教師參與，若因疫情關係無法以實體場地舉辦，則以網路視訊方式辦理作為備案

(6) 協助推動國際測繪合作事務

- 本團參與 Virtual Conference 形式的測繪相關研討會，並製作研討報告
- 規劃於今年十月初往訪 FIG 位於芬蘭之永久辦公室

三、其他議題：

- 無。
- 散會 (12:00)

內政部 「109 年度三維地形圖資技術發展工作案」

第三次工作會議簽到單			
會議時間		109 年 07 月 24 日 上午 11:00	
會議地點		遠端視訊會議	
編號	所屬單位	姓名	簽名欄
01	國立中央大學	蔡富安	蔡富安
02	國立中央大學	黃智遠	黃智遠
03	國立中央大學	劉育青	劉育青
04	國立中央大學	戴于恒	戴于恒
05	國立交通大學	張智安	張智安

109 年度

三維地形圖資技術發展工作案

第四次工作會議紀錄

● 時間：109 年 08 月 20 日 11:00

● 地點：遠端視訊會議

● 出席人員：

國立中央大學太空及遙測研究中心 蔡富安、黃智遠、劉育青、劉建良、
戴于恒

國立交通大學土木工程學系 張智安

國立臺灣師範大學地理學系 王聖鐸

● 議題：

(一) 工作項目與預期目標

(二) 各工項進度實施方法與成果

● 會議內容：

一、 工作項目與預期目標

- 確定各工作項目進度。

二、 各工項進度實施方法與成果

(1) 評估智慧物聯網之防災整合應用技術

- 設計應用案例模型-遠距醫療照護

- 設計腳本、心律數據面板

- 改善 CCTV 影像追蹤技術及效能優化

(2) 建立航遙測影像地表形變智慧分析技術

- 發展地表形變技術:質點影像量測法

(3) 建立航遙測影像智慧辨識訓練資料集

- 增加 Taiwan e-Map 及 MOI 國土利用類別與對應關係

(4) 建立航遙測自動化地物智慧辨識與分類技術

- 選定 BigEarthNet 進行遷移式學習
- 使用部分 BigEarthNet 資料集進行分類、分析

(5) 評估航遙測影像結合測量實工作之智慧整合應用

- 2020/08/12 訪談地籍測量專家-蕭介峰秘書
- 2020/08/18 訪談地籍測量專家-邱式鴻副教授

(6) 增加以臺灣地區航遙測影進行地物辨識與分類試辦

- 進行兩種不同分類方式:(1)臺灣通用電子地圖(EMAP)與(2)國土利用調查，在分類時規劃兩者獨立進行
- 預計使用 U-Net V2 分類
- 影像預處理規劃

三、 其他議題：

- 無。
- 散會 (12:00)

內政部 「109 年度三維地形圖資技術發展工作案」

第四次工作會議簽到單			
會議時間		109 年 08 月 20 日 上午 11:00	
會議地點		遠端視訊會議	
編號	所屬單位	姓名	簽名欄
01	國立中央大學	蔡富安	蔡富安
02	國立中央大學	黃智遠	黃智遠
03	國立中央大學	劉育青	劉育青
04	國立中央大學	劉建良	劉建良
05	國立中央大學	戴于恒	戴于恒
06	國立交通大學	張智安	張智安
07	國立臺灣師範大學	王聖鐸	王聖鐸

109 年度

三維地形圖資技術發展工作案

第五次工作會議紀錄

● 時間：109 年 09 月 28 日 11:00

● 地點：遠端視訊會議

● 出席人員：

國立中央大學太空及遙測研究中心 蔡富安、黃智遠、劉育青、劉建良、
戴于恒

國立交通大學土木工程學系 張智安

國防大學理工學院環境資訊及工程學系 林玉菁

● 議題：

(一) 工作項目與預期目標

(二) 各工項進度實施方法與成果

● 會議內容：

一、 工作項目與預期目標

- 確定各工作項目進度。

二、 各工項進度實施方法與成果

(1) 建立機器學習於高解析光學影像地表形變分析技術

- 山崩資料集建立
- 豪雨造成之崩塌測試案例

(2) 發展多元衛星影像智慧處理與立體重建技術

- Pleiades 三重疊立體對影像
- DSM 成果比對

(3) 雷達衛星影像地表形變分析之試辦

- 彰化雲林地層下陷區(24 張 TerraSAR-X 影像)X 波段試辦
 - (4) 增加以高解析光學衛星影像進行地表形變分析之試辦
 - SPOT-6/7 立體對拍攝、產製數值地表模型
 - 數值地表模型比較
 - (5) 評估智慧物聯網之防災整合應用技術
 - 設依模型語意進行連結(如房間歸屬)
 - 外部設定導航路線
 - 資料庫建置
 - 模擬資料更新
 - (6) 建立航遙測自動化地物智慧辨識與分類技術
 - 使用 BigEarthNet 進行遷移式學習成果
 - 直接訓練 BigEarthNet
 - 遷移式學習與直接訓練比較
 - (7) 評估航遙測影像結合測量實工作之智慧整合應用
 - 2020/09/2 訪談地籍測量專家-江渾欽副教授
 - (8) 航遙測影像分析與辨識之結果，須與相關應用平台進行整合試辦
 - 時序 NDVI 分析山區地質敏感區崩塌復育狀況
 - (9) 增加以臺灣地區航遙測影進行地物辨識與分類試辦
 - 使用 DeepLabV3+分類
 - 影像預處理規劃
- 三、 其他議題：
- 無。
-
- 散會 (12:10)

內政部 「109 年度三維地形圖資技術發展工作案」

第五次工作會議簽到單			
會議時間		109 年 09 月 28 日 上午 11:00	
會議地點		遠端視訊會議	
編號	所屬單位	姓名	簽名欄
01	國立中央大學	蔡富安	蔡富安
02	國立中央大學	黃智遠	黃智遠
03	國立中央大學	劉育青	劉育青
04	國立中央大學	劉建良	劉建良
05	國立中央大學	戴于恒	戴于恒
06	國立交通大學	張智安	張智安
07	國防大學	林玉菁	林玉菁

109 年度

三維地形圖資技術發展工作案

第六次工作會議紀錄

● 時間：109 年 10 月 28 日 14:00

● 地點：遠端視訊會議

● 出席人員：

內政部地政司

李育華、覃美芳

國立中央大學太空及遙測研究中心

蔡富安、黃智遠、劉育青、劉建良、
戴于恒

國立交通大學土木工程學系

張智安

● 議題：

(一) 工作項目與進度確認

(二) 各工項進度實施方法與成果

● 會議內容：

一、 工作項目與進度確認

- 確定各工作項目進度。

二、 各工項進度實施方法與成果

(1) 發展多元衛星影像智慧處理與立體重建技術

- DSM 精度評估

(2) 雷達衛星影像地表形變分析之試辦

- 雷達衛星波段簡介
- L 波段 ALOS-2 影像試辦
- Sentinel-1 成果

(3) 評估智慧物聯網之防災整合應用技術

- 增加案例影像-節能、房屋入侵、車位導引、遠距離照護

(4) 模擬基於三維圖資與路網資訊整合路側影像感測器

- 實際影像案例測試-太遙中心監視器

(5) 建立航遙測自動化地物智慧辨識與分類技術

- 驗證使用遙測影像預訓練模型之優勢

(6) 增加以臺灣地區航遙測影進行地物辨識與分類試辦

- 獨立檢核區 eMap 類別分類成果
- 輸入的訓練區域問題整理
- 獨立檢核區 LULC 類別分類成果

(7) 科教活動

- 9/30(三)辦理，參與學校-大安高工、南港高工、海大附中

(8) 協助推動國際測繪合作事務

- 配合中華測繪聯合會參與 10/20 之「國際測量組織與臺灣參與」論壇

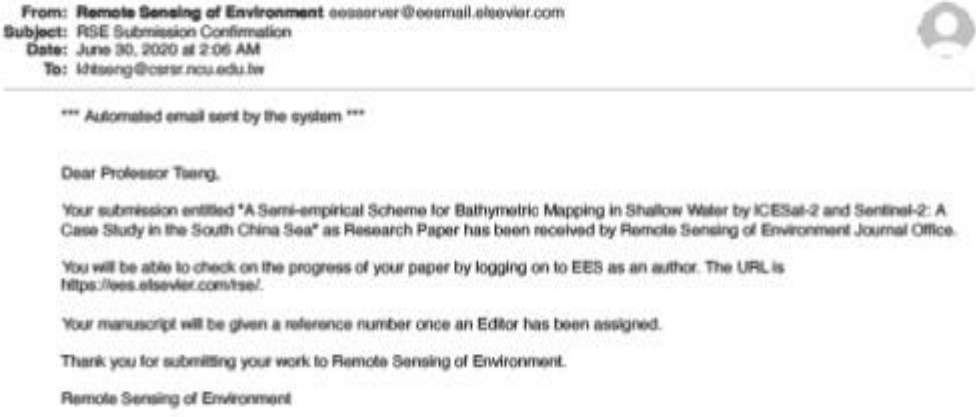
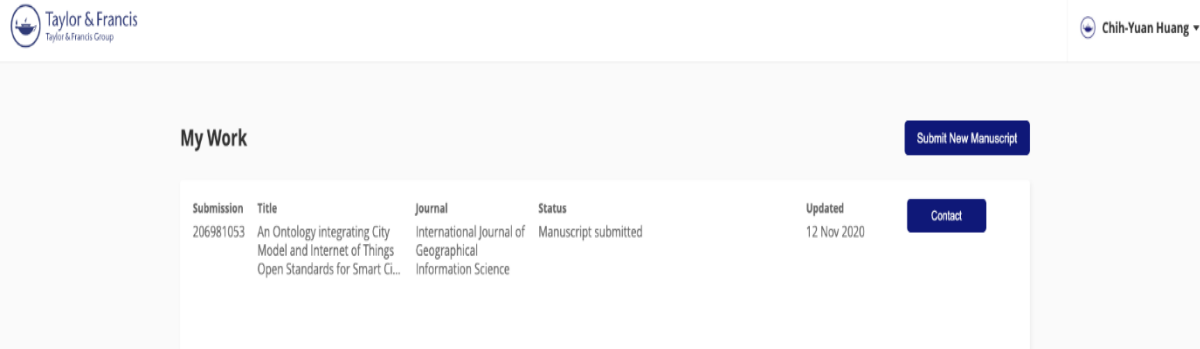
三、 其他議題：

- 無。
- 散會 (15:30)

內政部 「109 年度三維地形圖資技術發展工作案」

第六次工作會議簽到單			
會議時間		109 年 10 月 29 日 下午 2:00	
會議地點		遠端視訊會議	
編號	所屬單位	姓名	簽名欄
01	內政部地政司	李育華	李育華
02	內政部地政司	覃美芳	覃美芳
03	國立中央大學	蔡富安	蔡富安
04	國立中央大學	黃智遠	黃智遠
05	國立中央大學	劉育青	劉育青
06	國立中央大學	劉建良	劉建良
07	國立中央大學	戴于恒	戴于恒
08	國立交通大學	張智安	張智安

附件 C：期刊或研討會投稿全文或證明

1	<p>投稿 Remote Sensing of Environment，題目為 A Semi-empirical Scheme for Bathymetric Mapping in Shallow Water by ICESat-2 and Sentinel-2: A Case Study in the South China Sea</p>												
 <p>From: Remote Sensing of Environment eeserver@esmail.elsevier.com Subject: RSE Submission Confirmation Date: June 30, 2020 at 2:06 AM To: ldtssong@ccsr.ncu.edu.tw</p> <p>*** Automated email sent by the system ***</p> <p>Dear Professor Tseng,</p> <p>Your submission entitled "A Semi-empirical Scheme for Bathymetric Mapping in Shallow Water by ICESat-2 and Sentinel-2: A Case Study in the South China Sea" as Research Paper has been received by Remote Sensing of Environment Journal Office.</p> <p>You will be able to check on the progress of your paper by logging on to EES as an author. The URL is https://ees.elsevier.com/rse/.</p> <p>Your manuscript will be given a reference number once an Editor has been assigned.</p> <p>Thank you for submitting your work to Remote Sensing of Environment.</p> <p>Remote Sensing of Environment</p>													
2	<p>投稿 International Journal of Geographical Information Science，題目為 An Ontology integrating City Model and Internet of Things Open Standards for Smart City Applications</p>												
 <p>Taylor & Francis Taylor & Francis Group</p> <p>Chih-Yuan Huang ▾</p> <p>My Work Submit New Manuscript</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Submission</th> <th>Title</th> <th>Journal</th> <th>Status</th> <th>Updated</th> <th>Contact</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>206981053</td> <td>An Ontology integrating City Model and Internet of Things Open Standards for Smart C...</td> <td>International Journal of Geographical Information Science</td> <td>Manuscript submitted</td> <td>12 Nov 2020</td> <td>Contact</td> </tr> </tbody> </table>		Submission	Title	Journal	Status	Updated	Contact	206981053	An Ontology integrating City Model and Internet of Things Open Standards for Smart C...	International Journal of Geographical Information Science	Manuscript submitted	12 Nov 2020	Contact
Submission	Title	Journal	Status	Updated	Contact								
206981053	An Ontology integrating City Model and Internet of Things Open Standards for Smart C...	International Journal of Geographical Information Science	Manuscript submitted	12 Nov 2020	Contact								

3	投稿 Advanced Engineering Informatics，題目為 Spatial Analysis with Detailed Indoor Building Models for Emergency Evacuation Service
---	--



Tsai, Fuan <ftsai@g.ncu.edu.tw>

Confirming submission to Advanced Engineering Informatics

1 message

Advanced Engineering Informatics <em@editorialmanager.com>
Reply-To: Advanced Engineering Informatics <avi.journal@elsevier.com>
To: Fuan Tsai <ftsai@csrnr.ncu.edu.tw>

Wed, Nov 18, 2020 at 11:13 AM

This is an automated message.

Spatial Analysis with Detailed Indoor Building Models for Emergency Evacuation Service

Dear Prof. Tsai,

We have received the above referenced manuscript you submitted to Advanced Engineering Informatics.

To track the status of your manuscript, please log in as an author at <https://www.editorialmanager.com/advei/>, and navigate to the "Submissions Being Processed" folder.

Thank you for submitting your work to this journal.

Kind regards,
Advanced Engineering Informatics

More information and support

You will find information relevant for you as an author on Elsevier's Author Hub: <https://www.elsevier.com/authors>

FAQ: How can I reset a forgotten password?

https://service.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/28452/supporthub/publishing/

For further assistance, please visit our customer service site: <https://service.elsevier.com/app/home/supporthub/publishing/>

Here you can search for solutions on a range of topics, find answers to frequently asked questions, and learn more about Editorial Manager via interactive tutorials. You can also talk 24/7 to our customer support team by phone and 24/7 by live chat and email

In compliance with data protection regulations, you may request that we remove your personal registration details at any time. (Use the following URL: <https://www.editorialmanager.com/advei/login.asp?a=r>). Please contact the publication office if you have any questions.

4

投稿國土測繪及空間資訊，題目為東沙共站封閉型壓力式潮位計觀測值比對：2020

中華民國地籍測量學會
國土測繪與空間資訊期刊
TAIWAN JOURNAL OF GEOINFORMATICS

投稿證明書

(作者) 史天元、薛憲文、張智安 惠鑒：

本期刊已收到台端投稿之大作，篇名：
東沙共站封閉型壓力式潮位計觀測值比對：2020 (收稿編號：10905)，收件日期：
民國 109 年 8 月 23 日，特此證明。

總編輯 周天穎、陳國華

中華民國地籍測量學會

中華民國 109 年 8 月 24 日

5

投稿國土測繪及空間資訊，題目為運用超高解析衛星進行疏濬高程控制可行性研究

中華民國地籍測量學會
國土測繪與空間資訊期刊
TAIWAN JOURNAL OF GEOINFORMATICS

投稿證明書

(作者) 林莉珊、劉建良、吳益裕、鄭詠祥、楊亞臻、陳繼藩、蔡富安、曾國欣 惠鑒：

本期刊已收到台端投稿之大作，篇名：運用超高解析衛星進行疏濬高程控制可行性研究(收稿編號：10906)，收件日期：民國 109 年 10 月 24 日，特此證明。

總編輯 周天穎、陳國華

中華民國地籍測量學會

中華民國 109 年 10 月 24 日

附件 D：臺灣通用電子地圖及國土利用分級分類系統各別與國際開放資料集分類類別對應

一、臺灣通用電子地圖(Taiwan e-Map)與國際開放資料集對應

Taiwan e-Map	BigEarthNet	DroneDeploy	EuroSat	PatternNet	RSI-CB128	SEN12MS	UCMerced
道路	1. Road and rail networks and associated land	1. Ground	1. Highway	1. Closed road 2. Crosswalk 3. Freeway 4. Intersection 5. Overpass	1. City avenue 2. Avenue 3. Highway 4. Crossroads 5. City road 6. Fork road 7. Turning circle 8. Mountain road 9. Overpass	-	1. Freeway 2. Intersection 3. Overpass
鐵路及捷運	1. Road and rail networks and associated land	-	-	1. Railway	1. Rail	-	-
水系	1. Water bodies 2. Sea and ocean 3. Watercourses 4. Estuaries	1. Water	1. River 2. Sea & Lake	1. River	1. Lakeshore 2. River 3. Streamity	1. Water Bodies	1. River
區塊	1. Green urban areas 2. Construction sites 3. Sport and leisure facilities	1. Clutter 2. Vegetation 3. Building	-	1. Baseball field 2. Basketball court 3. Football field 4. Golf course 5. Parking lot 6. Parking space 7. Tennis court	1. City green tree 2. Parking lot	-	1. Baseball diamond 2. Tennis court 3. Parking lot 4. Golf course

Taiwan e-Map	BigEarthNet	DroneDeploy	EuroSat	PatternNet	RSI-CB128	SEN12MS	UCMerced
建物	<ol style="list-style-type: none"> Discontinuous urban fabric Industrial or commercial units Continuous urban fabric Airports 	<ol style="list-style-type: none"> Building 	<ol style="list-style-type: none"> Residential Buildings Industrial Buildings 	<ol style="list-style-type: none"> Coastal mansion Dense residential Mobile home park Nursing home Sparse residential 	<ol style="list-style-type: none"> City building Tower 	<ol style="list-style-type: none"> Urban and Built-Up Lands 	<ol style="list-style-type: none"> Buildings Dense residential Medium residential Sparse residential Mobile home park
地標	<ol style="list-style-type: none"> Industrial or commercial units Sport and leisure facilities Green urban areas Beaches, dunes, sands Airports Dump sites Port areas 	<ol style="list-style-type: none"> Vegetation Building 	<ol style="list-style-type: none"> Industrial Buildings 	<ol style="list-style-type: none"> Baseball field Basketball court Beach Cemetery Ferry terminal Football field Golf course Harbor Nursing home Parking lot Parking space Swimming pool Tennis court Wastewater treatment plant 	<ol style="list-style-type: none"> Sparse forest City green tree Marina Parking lot Tower Grave Sand beach Airport 	-	<ol style="list-style-type: none"> Baseball diamond Beach Tennis court Parking lot Harbor Golf course

Taiwan e-Map	BigEarthNet	DroneDeploy	EuroSat	PatternNet	RSI-CB128	SEN12MS	UCMerced
無法對應	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mixed forest 2. Coniferous forest 3. Non-irrigated arable land 4. Transitional woodland/shrub 5. Broad-leaved forest 6. Land principally occupied by agriculture, with significant areas of natural vegetation 7. Complex cultivation patterns 8. Pastures 9. Agro-forestry areas 10. Peat bogs 11. Permanently irrigated land 12. Natural grassland 13. Olive groves 14. Sclerophyllous vegetation 15. Vineyards 16. Annual crops associated with permanent crops 17. Inland marshes 18. Moors and heathland 19. Fruit trees and berry plantations 20. Mineral extraction sites 21. Rice fields 22. Bare rock 23. Sparsely vegetated areas 24. Salt marshes 25. Coastal lagoons 26. Intertidal flats 27. Salines 28. Burnt areas 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Car 2. Ignore 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Annual Crop 2. Permanent Crop 3. Forest 4. Pasture 5. Herbaceous Vegetation 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Airplane 2. Bridge 3. Chaparral 4. Christmas tree farm 5. Forest 6. Oil gas field 7. Oil well 8. Runway 9. Runway marking 10. Shipping yard 11. Solar panel 12. Storage tank 13. Transformer station 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Green farmland 2. Dry farm 3. Bare land 4. Artificial Grassland 5. Mangrove 6. River protection 7. Forest 8. Shrubwood 9. Sapling 10. Natural Grassland 11. Forest 12. Runway 13. Bridge 14. Airplane 15. Coastline 16. Dam 17. Sea 18. Container 19. Residents 20. Storage room 21. Pipeline 22. Town 23. Desert 24. Snow mountain 25. Mountain 26. Hirst 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Evergreen Needleleaf Forests 2. Evergreen Broadleaf Forests 3. Deciduous Needleleaf Forests 4. Deciduous Broadleaf Forests 5. Mixed Broadleaf/Needleleaf Forests 6. Mixed Broadleaf Evergreen/Deciduous Forests 7. Mixed Forests 8. Dense Forests 9. Open Forests 10. Sparse Forests 11. Natural Herbaceous 12. Dense Herbaceous 13. Sparse Herbaceous 14. Shrublands 15. Closed (Dense) Shrublands 16. Open (Sparse) Shrublands 17. Shrubland/Grassland Mosaics 18. Woody Savannas 19. Savannas 20. Grasslands 21. Permanent Wetlands 22. Woody Wetlands 23. Herbaceous Wetlands 24. Herbaceous Croplands 25. Croplands 26. Cropland/Natural Vegetation Mosaics 27. Forest/Cropland Mosaics 28. Natural Herbaceous/Croplands Mosaics 29. Tundra 30. Permanent Snow and Ice 31. Barren 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Agricultural 2. Airplane 3. Chaparral 4. Storage tanks 5. Runway 6. Forest

二、國土利用分級分類系統與國際開放資料集對應

國土利用	BigEarthNet	DroneDeploy	EuroSat	PatternNet	RSI-CB128	SEN12MS	UCMerced
01 農業	<ol style="list-style-type: none"> 1. Land principally occupied by agriculture, with significant areas of natural 2. Vegetation 3. Vineyards 4. Annual crops associated with permanent crops 5. Fruit trees and berry 6. Plantations 7. Rice fields 8. Non-irrigated arable land 9. Complex cultivation 10. Patterns 11. Pastures 12. Agro-forestry areas 13. Permanently irrigated land 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vegetation 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Annual Crop 2. Permanent Crop 3. Pasture 	-	<ol style="list-style-type: none"> 1. Green farmland 2. Dry farm 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Herbaceous Croplands 2. Croplands 3. Cropland/Natural Vegetation Mosaics 4. Forest/Cropland Mosaics 5. Natural Herbaceous/Croplands Mosaics 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Agricultural

國土利用	BigEarthNet	DroneDeploy	EuroSat	PatternNet	RSI-CB128	SEN12MS	UCMerced
02 森林	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mixed forest 2. Coniferous forest 3. Transitional woodland/shrub 4. Broad-leaved forest 5. Sclerophyllous vegetation 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vegetation 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Forest 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Chaparral 2. Forest 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sparse forest 2. Shrubwood 3. Sapling 4. Forest 5. Mountain 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Evergreen Needleleaf Forests 2. Evergreen Broadleaf Forests 3. Deciduous Needleleaf Forests 4. Deciduous Broadleaf Forests 5. Mixed Broadleaf/Needleleaf Forests 6. Mixed Broadleaf Evergreen/Deciduous Forests 7. Mixed Forests 8. Dense Forests 9. Open ForestsSparse Forests 10. Shrublands 11. Closed (Dense) Shrublands 12. Open (Sparse) Shrublands 13. Shrubland/Grassland Mosaics 14. Woody Wetlands 15. Forest/Cropland Mosaics 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Forest 2. Chaparral

國土利用	BigEarthNet	DroneDeploy	EuroSat	PatternNet	RSI-CB128	SEN12MS	UCMerced
03 交通	<ol style="list-style-type: none"> 1. Port areas 2. Road and rail networks and associated land 3. Airports 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ground 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Highway 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Closed road 2. Ferry terminal 3. Crosswalk 4. Freeway 5. Intersection 6. Harbor 7. Overpass 8. Parking lot 9. Parking space 10. Railway 11. Runway 	<ol style="list-style-type: none"> 1. City avenue 2. Avenue 3. Highway 4. Marina 5. Parking lot 6. Crossroads 7. City road 8. Rail 9. Fork road 10. Turning circle 11. Mountain road 12. Overpass 13. Airport 14. Runway 	-	<ol style="list-style-type: none"> 1. Parking lot 2. Intersection 3. Harbor 4. Freeway 5. Overpass 6. Runway
04 水利	<ol style="list-style-type: none"> 1. Water bodies 2. Sea and ocean 3. Water courses 4. Coastal lagoons 5. Estuaries 	<ol style="list-style-type: none"> 1. water 	<ol style="list-style-type: none"> 1. River 2. Sea & Lake 	<ol style="list-style-type: none"> 1. River 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lakeshore 2. River 3. Streamity 4. Coastline 5. Dam 6. Sea 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Water Bodies 	<ol style="list-style-type: none"> 1. River
05 建築	<ol style="list-style-type: none"> 1. Discontinuous urban fabric 2. Industrial or commercial units 3. Continuous urban fabric 4. Construction sites 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Building 2. Clutter 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Residential Buildings 2. Industrial Buildings 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cemetery 2. Coastal mansion 3. Dense residential 4. Mobile home park 5. Sparse residential 	<ol style="list-style-type: none"> 1. City building 2. Tower 3. Grave 4. Town 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Urban and Built-Up Lands 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Buildings 2. Sparse residential 3. Medium residential 4. Dense residential 5. Mobile home park
06 公共	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dump sites 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Building 	-	<ol style="list-style-type: none"> 1. Nursing home 2. Transformer station 3. Wastewater treatment plant 	<ol style="list-style-type: none"> 1. City building 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Urban and Built-Up Lands 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Buildings

國土利用	BigEarthNet	DroneDeploy	EuroSat	PatternNet	RSI-CB128	SEN12MS	UCMerced
07 遊憩	<ol style="list-style-type: none"> Green urban areas Sport and leisure facilities 	<ol style="list-style-type: none"> Building 	-	<ol style="list-style-type: none"> Baseball field Basketball court Football field Golf course Swimming pool Tennis court 	<ol style="list-style-type: none"> City green tree Tower 	-	<ol style="list-style-type: none"> Baseball diamond Tennis court Golf course
08 礦鹽	<ol style="list-style-type: none"> Mineral extraction sites Salt marshes Salines 	-	-	-	-	-	-
09 其他	<ol style="list-style-type: none"> Natural grassland Inland marshes Moors and heathland Bare rock Sparsely vegetated areas Intertidal flats Beaches, dunes, sands Construction sites 	<ol style="list-style-type: none"> Clutter Ground 	<ol style="list-style-type: none"> Herbaceous Vegetation 	<ol style="list-style-type: none"> beach 	<ol style="list-style-type: none"> Sand beach Bare land Mangrove River protection forest Natural grassland Hirst 	<ol style="list-style-type: none"> Natural Herbaceous Dense Herbaceous Sparse Herbaceous Grasslands Permanent Wetlands Herbaceous Wetlands 	<ol style="list-style-type: none"> Beach
無法對應	<ol style="list-style-type: none"> Olive groves Burnt areas 	<ol style="list-style-type: none"> Car Ignore 	-	<ol style="list-style-type: none"> Airplane Bridge Oil gas field Oil well Runway marking Shipping yard Storage tank Christmas tree farm Solar panel 	<ol style="list-style-type: none"> Artificial grassland Bridge Airplane Container Residents Storage room Pipeline Desert Snow mountain 	<ol style="list-style-type: none"> Woody Savannas Savannas Tundra Permanent Snow and Ice Barren 	-

附件 E：基隆潮位站水準測量報告

一、說明

本次外業利用直接水準測量，透過 TG997 水準點之高程，求得音波式、壓力式與雷達式潮位計之高程。

二、水準測量紀錄表

表一、水準測量手簿

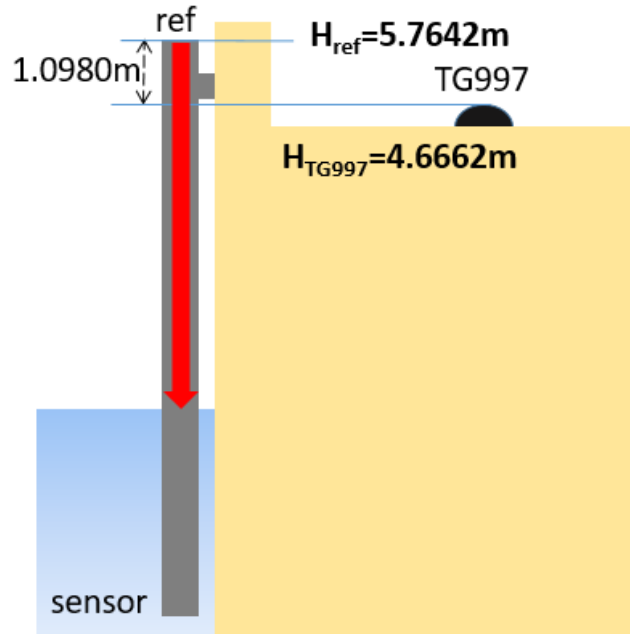
天氣：晴 儀器：SPRINTER 150M S.No. : 2116141 2020 年 07 月 24 日
觀測：王慧蓉 紀錄：王慧蓉 持尺：王鼎鈞

測回	測點	尺上讀數		高程差		高程 (m)	
		前視	後視	+	-		
1	TG997		1.6597			4.6662	
	C4B03	1.5496		0.1101		4.7763	
	音波式與壓力式參考面	0.5635		1.0962	1.0979		5.7641
		0.559		1.1007			
		0.5613		1.0984			
		0.5635		1.0962			
雷達式	1.3703		0.2894		4.9556		
2	TG997		1.6598			4.6662	
	C4B03	1.5495		0.110		4.7765	
	音波式與壓力式參考面	0.5638		1.096	1.0980		5.7642
		0.5588		1.101			
		0.5613		1.099			
		0.5635		1.096			
雷達式	1.3694		0.290		4.9566		
3	TG997		1.6599			4.6662	
	C4B03	1.5496		0.110		4.7765	
	音波式與壓力式參考面	0.5638		1.096	1.0980		5.7642
		0.5589		1.101			
		0.5616		1.098			
0.5634			1.097				

測 回	測點	尺上讀數		高程差		高程 (m)	
		前視	後視	+	-		
	雷達式	1.3708		0.289		4.9553	
4	TG997		1.6169			4.6662	
	C4B03	1.5066		0.110		4.7765	
	音波 式與 壓力 式參 考面	0.5203		1.097	1.0983		5.7645
		0.5161		1.101			
		0.5175		1.099			
		0.5205		1.096			
雷達式	1.3254		0.292		4.9577		
5	TG997		1.6168			4.6662	
	C4B03	1.5065		0.110		4.7765	
	音波 式與 壓力 式參 考面	0.5208		1.096	1.0978		5.7640
		0.5164		1.100			
		0.5177		1.099			
		0.521		1.096			
雷達式	1.3236		0.293		4.9594		
6	TG997		1.6172			4.6662	
	C4B03	1.5065		0.111		4.7769	
	音波 式與 壓力 式參 考面	0.5203		1.097	1.0982		5.7644
		0.5162		1.101			
		0.5183		1.099			
		0.5212		1.096			
雷達式	1.325		0.292		4.9584		

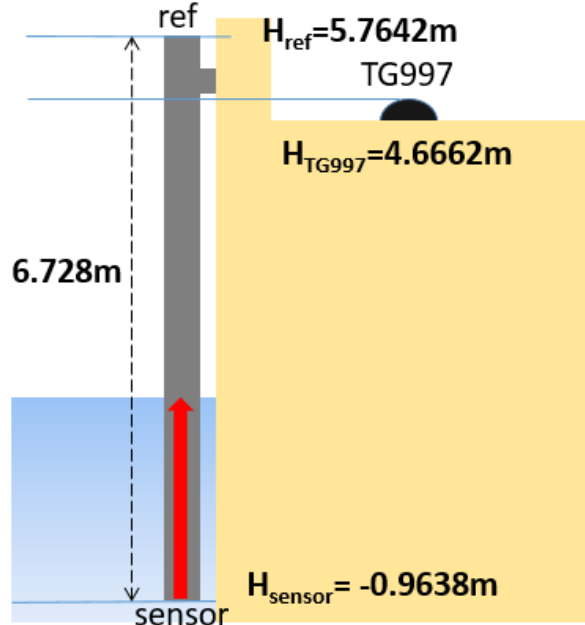
三、各潮位計高程示意圖

- H_{TG997} 高程量測：2019年10月
- 潮位計參考點量測：2020年7月24日

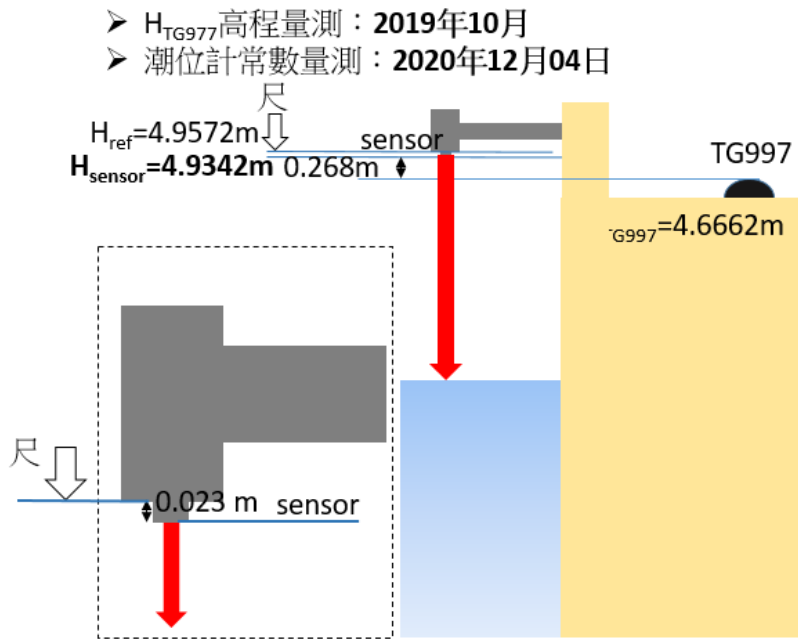


圖一、潮位站水準點 TG997 與音波式水位計相對高程差

- H_{TG997} 高程量測：2019年10月
- 潮位計參考點量測：2020年07月24日
- 壓力計長度量測:2019年08月01日(維護報告)



圖二、潮位站水準點 TG997 與壓力式水位計相對高程差



圖三、潮位站水準點 TG997 與雷達式水位計相對高程差

四、各潮位計高程值

由上圖二與圖三可知，壓力式水位計和雷達式水位計之感測器零點皆須透過計算得真實高程，其計算方式如下：

壓力式水位計感測器零點高程 = 壓力式水位計參考面高程 - 6.728m

雷達式水位計感測器零點高程 = 雷達式參考橫桿高程 - 2.3cm

由表一之測量數據與圖一至圖三之幾何關係，整理後得表二為本次外業測量之結果，表三為 2018/04/10 外業測量之結果。

表二、各潮位計高程

2020/07/24	與 TG997 之高程差(m)	高程(m)
水準點 TG997	無	4.6662
音波式水位計	+1.0980	5.7642
壓力式水位計	-5.6300	-0.9638
雷達式水位計	+0.2680	4.9342
雷達式水位計(扣除 0 點 offset)	+0.2910	4.9572

表三、各潮位計 2018/04/10 高程

2018/04/10	與 TG997 之高程差(m)	高程(m)
水準點 TG997	無	4.6678
音波式水位計	+1.0984	5.7657
壓力式水位計	-5.6298	-0.9620
雷達式水位計	+0.271	4.9390

五、與現有潮位站報告比較

本次量測之參考點高程與既有報告幾乎一致，壓力式水位計參考面至壓力感測器長度維護廠商量測為 6.76m，前期量測為 6.722~6.728m，約有 3 公分左右之差值，將於後續釐清。雷達式水位計現交大將參考點化算至雷達式水位計零點，維護廠商以音波式為基準，將參考點零點化算至雷達式水位計參考面，其差值則做為系統參數之 offset。

表四、2020 年參考點量測結果

測點	維護紀錄 2020/02/11 之高程(m)	維護紀錄 2020/03/03 之高程(m)	維護紀錄 2020/06/10 之高程(m)	交大 2020/07/27 之高程
音波式與壓力水位計參考點	1.11	1.098	1.098	1.0980
雷達式水位計參考點	0.290	0.290	0.290	0.2910

表四、2020 年各潮位計相對於 TG997 高程

測點	維護紀錄 2020/02/11 之高程(m)	維護紀錄 2020/03/03 之高程(m)	維護紀錄 2020/06/10 之高程(m)	交大 2020/07/27 之高程
音波式水位計	1.11	1.098	1.098	1.0980
壓力式水位計	-5.650	-5.662	-5.662	-5.6298
雷達式水位計	0.290	0.290	0.290	0.2680

附件 F：基隆及東沙潮位站潮位調和分析主要分潮表

基隆潮位站音波式水位計調和分析主要分潮表

UTide Cnstit	Frequency (cph)	Amplitude (mm)	Amp_err (mm)	Phase (deg)	Pha_err (deg)	SNR
M2	0.081	189.4	0.97	262.5	0.25	147434
K1	0.042	186.9	0.56	229.8	0.19	435279
SA	0.000	159.9	3.61	210.6	1.44	7542
O1	0.039	152.9	0.56	196.6	0.21	288691
S2	0.083	65.3	0.92	263.2	0.68	19294
P1	0.042	58.0	0.58	222.8	0.55	37912
N2	0.079	51.0	0.96	237.2	0.87	10840
Q1	0.037	31.9	0.59	177.0	0.82	11120
SSA	0.000	31.6	4.04	310.8	6.85	235
MU2	0.078	22.4	0.86	133.9	2.67	2602
K2	0.084	16.4	0.81	244.5	2.65	1575
H1	0.080	12.1	0.80	193.4	4.78	867
J1	0.043	12.0	0.59	252.4	2.67	1606
MSF	0.003	11.8	3.21	232.8	16.04	52
NO1	0.040	10.7	0.60	205.4	3.31	1243
L2	0.082	10.0	0.77	11.1	5.06	653
MKS2	0.081	9.9	0.91	153.5	4.82	460
M4	0.161	9.8	0.25	260.0	1.29	5948
S1	0.042	8.9	0.61	334.2	3.33	805
NU2	0.079	8.7	0.74	261.0	5.78	521
MS4	0.164	7.4	0.20	288.1	1.56	5188
2N2	0.077	7.1	0.82	183.4	6.56	292
LDA2	0.082	7.1	0.95	15.0	7.53	213
OO1	0.045	6.3	0.65	273.0	4.40	369
TAU1	0.039	6.2	0.61	194.1	4.46	403
SIG1	0.036	5.6	0.60	140.6	6.05	336
EPS2	0.076	5.4	0.84	107.9	8.09	160
M3	0.121	5.3	0.20	173.1	1.88	2771
T2	0.083	5.1	0.80	265.2	8.65	155
RHO1	0.037	5.0	0.59	195.1	6.72	279
PI1	0.041	4.6	0.53	249.3	7.35	290
GAM2	0.080	4.2	0.86	91.3	10.77	93
MK3	0.122	3.8	0.20	289.8	2.63	1375
MSN2	0.085	3.6	0.84	261.8	12.13	73

MN4	0.160	3.6	0.23	237.9	3.37	936
2Q1	0.036	3.5	0.56	153.5	9.50	152
H2	0.081	3.3	0.99	141.7	14.43	43
SK3	0.125	3.2	0.16	335.2	3.32	1537
MO3	0.119	3.1	0.18	293.3	3.37	1166
SO1	0.045	3.1	0.60	263.4	9.41	100
PSI1	0.042	3.0	0.59	19.5	10.77	104
M6	0.242	2.7	0.09	230.3	2.09	3138
2MS6	0.244	2.6	0.09	290.0	2.22	3099
ETA2	0.085	2.6	0.78	258.2	20.42	41
CHI1	0.040	2.1	0.53	215.5	17.04	57
MK4	0.164	2.0	0.21	276.1	6.05	352
SO3	0.122	1.9	0.20	281.9	5.58	362
PHI1	0.042	1.7	0.49	97.3	20.32	48
S4	0.167	1.7	0.23	312.2	6.70	223
2MN6	0.240	1.6	0.08	202.1	3.04	1517
ALP1	0.034	1.4	0.55	96.7	24.93	25
SN4	0.162	0.9	0.22	242.0	14.12	63
2MK5	0.203	0.8	0.10	206.8	7.16	255
2SK5	0.208	0.8	0.09	221.3	7.21	272
SK4	0.167	0.8	0.24	308.8	14.73	44
2MK6	0.245	0.8	0.10	264.9	6.50	247
MSK6	0.247	0.6	0.08	5.5	8.90	202
2SM6	0.247	0.4	0.08	306.1	12.00	76
M8	0.322	0.3	0.03	227.4	7.37	253
3MK7	0.283	0.2	0.05	267.4	16.83	57

基隆潮位站壓力式水位計調和分析主要分潮表

UTide Cnstit	Frequency (cph)	Amplitude (mm)	Amp_err (mm)	Phase (deg)	Pha_err (deg)	SNR
'M2'	0.081	208.3	0.51	255.8	0.13	633165
'K1'	0.042	192.1	0.37	225.3	0.11	1054194
'O1'	0.039	157.0	0.33	192.5	0.12	878167
'SA'	0.000	138.4	5.10	203.9	1.80	2836
'S2'	0.083	71.3	0.46	255.8	0.40	92854
'P1'	0.042	63.4	0.38	222.1	0.34	109324
'N2'	0.079	55.5	0.49	229.9	0.52	48578
'Q1'	0.037	32.5	0.35	173.6	0.71	33883
'MU2'	0.078	24.5	0.53	126.1	1.18	8215
'K2'	0.084	20.7	0.54	250.8	1.57	5724
'SSA'	0.000	18.6	3.92	332.4	15.66	86
'J1'	0.043	11.3	0.34	248.6	1.57	4230
'NU2'	0.079	11.3	0.53	265.4	2.41	1757
'NO1'	0.040	10.7	0.32	208.1	1.95	4185
'M4'	0.082	10.7	0.57	2.8	2.67	1356
'L2'	0.161	10.7	0.21	256.7	1.17	10001
'2N2'	0.077	8.4	0.51	193.4	3.47	1057
'MS4'	0.164	8.2	0.19	281.4	1.27	6918
'M3'	0.121	6.5	0.13	167.1	1.07	9316
'H1'	0.080	6.4	0.42	205.3	5.05	869
'LDA2'	0.082	6.0	0.56	359.4	9.37	437
'MF'	0.042	5.5	0.37	254.2	3.66	850
'EPS2'	0.076	5.4	0.55	93.5	5.44	377
'OO1'	0.045	5.4	0.31	265.2	3.71	1179
'RHO1'	0.037	5.1	0.32	180.8	3.90	991
'SIG1'	0.036	4.8	0.27	152.1	4.11	1209
'PI1'	0.041	4.7	0.37	214.1	3.28	642
'2Q1'	0.036	4.1	0.37	148.7	5.05	470
'MN4'	0.160	3.7	0.19	239.1	3.02	1539
'PHI1'	0.042	3.7	0.37	223.3	5.31	385
'T2'	0.083	3.5	0.41	235.8	8.60	288
'H2'	0.081	3.5	0.53	232.9	7.20	166
'MKS2'	0.081	3.4	0.55	186.5	7.55	151
'MSN2'	0.085	3.2	0.52	246.7	9.50	142
'MK4'	0.164	2.9	0.17	258.2	3.78	1084
'M6'	0.242	2.7	0.12	215.5	2.29	2120

'TAU1'	0.039	2.7	0.35	158.5	6.84	224
'PSI1'	0.042	2.5	0.38	291.0	8.37	168
'ETA2'	0.085	2.3	0.56	254.5	14.12	66
'CHI1'	0.045	2.2	0.35	296.4	9.03	153
'2MS6'	0.244	2.2	0.11	285.3	2.66	1672
'SO1'	0.040	2.2	0.35	217.0	10.52	147
'GAM2'	0.080	2.1	0.55	235.9	12.80	57
'MK3'	0.122	2.1	0.14	267.3	3.85	839
'2MN6'	0.240	1.8	0.11	175.5	3.49	956
'BET1'	0.040	1.7	0.34	189.8	13.75	93
'THE1'	0.043	1.5	0.34	239.5	12.36	74
'S4'	0.167	1.5	0.17	289.7	7.69	276
'R2'	0.083	1.3	0.54	152.1	21.54	23
'UPS1'	0.046	1.3	0.32	294.0	13.88	63
'2MK6'	0.245	1.1	0.09	249.5	5.19	563
'SK4'	0.167	1.0	0.23	295.4	10.19	78
'SK3'	0.125	1.0	0.13	291.6	7.51	220
'SO3'	0.122	0.9	0.13	269.1	7.69	179
'MO3'	0.119	0.9	0.12	265.2	9.47	206
'ALP1'	0.034	0.8	0.32	105.9	21.91	25
'SN4'	0.162	0.8	0.16	251.3	14.59	90
'2MK5'	0.203	0.5	0.08	85.5	8.90	151
'2SM6'	0.247	0.5	0.10	340.9	13.04	80
'M8'	0.322	0.4	0.04	198.5	5.41	453
'MSK6'	0.247	0.4	0.12	353.3	20.49	36

基隆潮位站雷達式水位計調和分析主要分潮表

UTide Cnstit	Frequency (cph)	Amplitude (mm)	Amp_err (mm)	Phase (deg)	Pha_err (deg)	SNR
M2	0.080511	203.5	0.39	256.7	0.1	1035791.7
K1	0.041781	189.2	0.26	226.3	0.1	1978903.6
O1	0.038731	155.1	0.28	193.7	0.1	1163178.1
SA	0.000114	135.3	2.87	206.2	1.5	8535.1
S2	0.083333	69.4	0.42	256.5	0.3	102849.2
P1	0.041553	62.5	0.27	224.2	0.2	203187.0
N2	0.078999	55.2	0.42	231.5	0.4	65917.0
Q1	0.037219	32.5	0.25	173.6	0.5	63201.5
SSA	0.000228	25.1	3.23	289.0	6.3	231.0
MU2	0.077689	23.7	0.39	126.0	1.0	14183.2
K2	0.083561	20.5	0.40	252.0	1.1	9864.5
MSF	0.002822	12.4	2.78	244.1	12.8	75.8
L2	0.082024	12.0	0.44	5.2	1.9	2901.0
J1	0.043293	11.5	0.29	247.6	1.4	6053.7
NU2	0.079202	11.3	0.37	263.9	2.0	3544.6
M4	0.161023	11.0	0.14	258.8	0.8	22182.1
NO1	0.040269	10.7	0.26	211.4	1.5	6714.0
MS4	0.163845	8.3	0.15	282.7	1.0	11727.0
2N2	0.077487	7.6	0.35	187.4	3.0	1795.9
H1	0.080397	6.5	0.36	216.7	3.6	1250.1
LDA2	0.081821	6.4	0.40	9.2	3.3	966.6
M3	0.120767	6.0	0.09	170.6	0.8	16236.9
OO1	0.044831	5.7	0.28	274.5	2.8	1573.3
RHO1	0.037421	5.4	0.30	187.1	2.8	1305.2
S1	0.041667	5.4	0.31	277.2	2.4	1129.6
EPS2	0.076177	5.3	0.40	97.9	4.2	691.4
SIG1	0.035909	4.7	0.25	152.8	3.2	1413.1
MN4	0.159511	4.6	0.14	240.9	1.7	3916.1
PI1	0.041439	4.6	0.27	219.9	3.6	1109.8
2Q1	0.035706	4.0	0.28	154.7	4.1	777.8
MKS2	0.08074	3.8	0.36	186.5	5.5	430.2
T2	0.083219	3.7	0.40	241.8	5.8	335.7
H2	0.080625	3.3	0.39	248.2	7.4	284.6
MSN2	0.084845	3.3	0.42	246.9	7.1	243.5
MK3	0.122292	3.3	0.09	271.8	1.6	4838.4

UTide Cnstit	Frequency (cph)	Amplitude (mm)	Amp_err (mm)	Phase (deg)	Pha_err (deg)	SNR
PHI1	0.042009	3.2	0.30	238.3	5.0	421.8
PSI1	0.041895	3.1	0.29	310.1	5.4	435.0
TAU1	0.038959	3.0	0.30	161.9	5.5	388.1
CHI1	0.040471	2.8	0.26	207.8	4.6	461.9
ETA2	0.085074	2.8	0.40	261.0	7.3	190.0
M6	0.241534	2.7	0.07	216.8	1.7	5751.5
MK4	0.164073	2.6	0.15	265.4	3.4	1105.3
SO3	0.122064	2.5	0.11	255.0	2.3	2106.4
2MS6	0.244356	2.2	0.07	286.6	1.9	3798.2
SO1	0.044603	2.2	0.29	284.0	7.3	220.6
MO3	0.119242	1.9	0.11	260.2	3.3	1170.4
ALP1	0.034397	1.8	0.28	119.2	9.5	150.1
THE1	0.043091	1.6	0.25	230.4	9.3	160.0
2MN6	0.240022	1.6	0.07	183.1	2.8	1830.9
SK3	0.125114	1.5	0.11	304.5	3.7	747.6
S4	0.166667	1.4	0.17	285.1	5.1	288.1
UPS1	0.046343	1.4	0.28	287.2	13.1	92.4
R2	0.083447	1.2	0.38	179.3	17.6	37.3
SK4	0.166895	1.1	0.16	300.5	6.9	182.7
2MK6	0.244584	1.0	0.08	245.1	4.4	725.2
GAM2	0.080309	0.9	0.36	304.9	27.2	23.0
BET1	0.04004	0.8	0.29	236.2	18.4	33.1
SN4	0.162333	0.8	0.15	246.2	8.8	110.0
2MK5	0.202804	0.4	0.05	69.7	6.5	254.4
M8	0.322046	0.4	0.03	200.1	5.2	549.7
MSK6	0.247406	0.3	0.08	336.4	11.9	75.4
2SM6	0.247178	0.3	0.08	11.1	16.5	44.7

東沙潮位站壓力式水位計調和分析主要分潮表

UTide Cnstit	Frequency (cph)	Amplitude (m)	Amp_err (m)	Phase (deg)	Pha_err (deg)	SNR
K1	0.0418	277.1	0.3	303.1	0.1	3036073
O1	0.0387	242.3	0.3	253.2	0.1	3152070
M2	0.0805	144.9	0.2	254.7	0.1	1850280
P1	0.0416	87.6	0.3	297.9	0.2	394258.4
SA	0.0001	82.1	4.0	221.7	2.4	1643.416
S2	0.0833	46.8	0.2	271.8	0.2	262216.9
Q1	0.0372	46.2	0.3	229.5	0.4	106911.8
N2	0.0790	33.2	0.2	237.8	0.4	107979.8
NO1	0.0403	15.3	0.3	271.0	1.0	13959.6
SSA	0.0002	13.6	4.0	298.1	13.5	45.44287
J1	0.0433	11.7	0.3	319.2	1.4	7442.141
K2	0.0836	11.5	0.2	281.1	1.1	15940.73
MF	0.0031	10.0	3.9	14.7	23.9	25.31297
MM	0.0015	9.4	3.1	62.0	22.5	34.34388
RHO1	0.0374	9.2	0.2	231.2	1.6	5846.111
NU2	0.0792	6.7	0.2	250.4	1.6	3921.2
PI1	0.0414	6.3	0.3	291.2	2.6	2385.651
MU2	0.0777	6.3	0.2	189.8	1.9	4109.654
2Q1	0.0357	5.5	0.3	212.1	3.3	1583.49
SIG1	0.0359	5.4	0.3	233.9	2.3	1495.771
2N2	0.0775	5.4	0.2	206.6	2.2	3181.526
S1	0.0417	4.7	0.3	16.5	3.4	1127.608
H1	0.0804	4.4	0.2	137.8	2.3	1552.825
H2	0.0806	4.3	0.2	172.6	3.0	1545.822
OO1	0.0448	4.1	0.3	0.2	5.9	806.3848
CHI1	0.0405	3.9	0.3	268.3	4.4	646.517
MO3	0.1192	3.9	0.1	0.3	1.6	4913.232
TAU1	0.0390	3.7	0.3	26.9	4.1	719.5075
M3	0.1208	3.3	0.1	265.7	1.7	4372.501
BET1	0.0400	3.2	0.3	292.5	5.1	401.1383
THE1	0.0431	3.0	0.3	335.9	5.1	486.6855
MK3	0.1223	3.0	0.1	50.5	2.1	3135.247
2MS6	0.2444	2.8	0.0	131.7	0.9	14752.34
PHI1	0.0420	2.8	0.3	282.8	6.6	387.0422
PSI1	0.0419	2.7	0.3	255.5	6.0	362.4679
M6	0.2415	2.7	0.0	70.3	0.9	11269.96
T2	0.0832	2.5	0.2	299.8	3.5	614.3942

UTide Cnstit	Frequency (cph)	Amplitude (m)	Amp_err (m)	Phase (deg)	Pha_err (deg)	SNR
SO1	0.0446	2.1	0.3	291.0	7.4	221.6559
L2	0.0820	2.1	0.2	288.1	6.5	453.6426
SO3	0.1221	1.9	0.1	34.2	2.6	2017.196
M4	0.1610	1.8	0.1	198.0	2.7	1479.744
R2	0.0834	1.8	0.2	85.4	6.6	291.8908
MKS2	0.0807	1.7	0.2	309.0	7.3	280.8426
ALP1	0.0344	1.6	0.3	244.6	10.2	141.8212
SK3	0.1251	1.4	0.1	76.6	4.2	749.3195
2MN6	0.2400	1.4	0.0	41.3	1.8	3967.321
EPS2	0.0762	1.3	0.2	169.5	10.0	168.5353
MSN2	0.0848	0.9	0.2	293.4	12.4	71.54591
MS4	0.1638	0.8	0.1	299.1	5.2	434.4039
2MK6	0.2446	0.8	0.0	134.3	2.9	1580.705
OQ2	0.0760	0.8	0.2	156.0	12.4	53.91522
GAM2	0.0803	0.7	0.2	208.8	15.6	33.2403
MN4	0.1595	0.6	0.1	128.6	7.5	236.6222
ETA2	0.0851	0.6	0.2	303.3	19.3	31.38995
2SM6	0.2472	0.5	0.0	196.9	4.4	441.9621
MK4	0.1641	0.4	0.1	288.0	11.5	106.4274
MSK6	0.2474	0.4	0.0	194.3	6.3	264.4825
S4	0.1667	0.3	0.1	102.7	14.1	61.32541
M8	0.3220	0.3	0.0	234.7	3.5	1110.447
SK4	0.1669	0.2	0.1	356.9	40.0	38.18929
3MK7	0.2833	0.2	0.0	102.1	7.4	262.0912
SN4	0.1623	0.2	0.1	116.4	25.7	26.23747
2SK5	0.2084	0.1	0.0	218.3	23.4	33.75588

附件 G：國際測繪相關研討會

參與國際測繪相關研討會報告

(1) GI Week 2020 Virtual Conference (<http://gi-forum.org>)

GI Week 每年由奧地利 University of Salzburg, Department of Geoinformatics – Z_GIS 與 Austrian Academy of Sciences 於奧地利薩爾斯堡 (Salzburg) 舉辦，GI Week 提供奧地利空間資訊領域專家學者資訊交流的機會，包含 GI Forum(英語會議)及 AGIT(德語會議)兩個會議(圖 1)，本(109)年度改為線上會議(圖 2)，日期為 2020 年 7 月 6 日至 10 日。



Login English Deutsch Conference Time: 09/Jul/2020 9:06:16 am CEST

Conference Agenda

Overview and details of the sessions of this conference. Please select a date or location to show only sessions at that day or location. Please select a single session for detailed view (with abstracts and downloads if available).

List View Authors Table with Max 4 Columns More... Name, Title...

Session Overview

Date: Monday, 06/Jul/2020

9:00am	S10: Ankommen bei der AGIT 2020 Location: S - Stage / Bühne				
9:30am	S11: Willkommen zur AGIT 2020 Location: S - Stage / Bühne Chair: Josef Strobl				
10:00am	A12: AGIT Eröffnungsvortrag von Jürgen DÖLLNER: "Georäumliche Künstliche Intelligenz: Potentiale für 3D-Punktwolken" Location: A - Sessions Chair: Thomas Blaschke				
11:00am	S13: Coronavirus Dashboard in Tirol Location: S - Stage / Bühne Chair: Josef Strobl	A13: 3-D GIS: Von der Basemap bis Indoor Location: A - Sessions Chair: Bernd Lackner	B13: Weiterbildungsangebote GIS Location: B - Sessions Chair: Christian Neuwirth	D14: Lunch Break / Mittagspause Location: D - Sessions	N14: Networking / Netzwerken Location: N - Networking / Netzwerken
12:00pm	A14: Lunch Break / Mittagspause Location: A - Sessions	B14: Lunch Break / Mittagspause Location: B - Sessions	C14: Lunch Break / Mittagspause Location: C - Sessions	D14: Lunch Break / Mittagspause Location: D - Sessions	N14: Networking / Netzwerken Location: N - Networking / Netzwerken
1:00pm	A15: 3-D Welten Location: A - Sessions Chair: Erich Buhmann	B15: Grünraum in der Stadt Location: B - Sessions Chair: Hermann Klug	C15: OSGeo Day (1/3): Open Source Geodienste Location: C - Sessions Chair: Jakob Miksch	D14: Lunch Break / Mittagspause Location: D - Sessions	N14: Networking / Netzwerken Location: N - Networking / Netzwerken
2:00pm	A16: UAV: Best Practice Beispiele Location: A - Sessions Chair: Alexander Almer	B16: Wassermanagement Location: B - Sessions Chair: Hermann Klug	C16: OSGeo Day (2/3): Open Source Desktop GIS/ QGIS Location: C - Sessions Chair: Markus Mayr	D14: Lunch Break / Mittagspause Location: D - Sessions	N14: Networking / Netzwerken Location: N - Networking / Netzwerken
3:00pm	A17: Geodatenerfassung und -services Location: A - Sessions Chair: Hermann Klug	B17: Mobilitätsforschung Location: B - Sessions Chair: Thomas Blaschke	C17: OSGeo Day (3/3): Open Source Geodatenmanagement Location: C - Sessions Chair: Jürgen Hahn	D14: Lunch Break / Mittagspause Location: D - Sessions	N14: Networking / Netzwerken Location: N - Networking / Netzwerken
4:00pm	C18: FOSSGIS Social Location: C - Sessions Chair: Markus Mayr				

Date: Tuesday, 07/Jul/2020

10:00am	A22: Mobilität: Sensorik & Bewegungsdaten Location: A - Sessions Chair: Martin Loidl	B22: Prozessierung von Geodaten Location: B - Sessions Chair: Barbara Hofer	C22: FM: Infrastruktur und Netze Location: C - Sessions Chair: Bernhard Zagel	D22: Workshop: MapFish Print 3: Karten Templates und PDF Location: D - Sessions Chair: Marion Baumgartner	E23: EXPO Time Location: E - Expo / Ausstellung
11:00am	S23: Eröffnung AGIT EXPO mit Monika Ranzinger, GRINTEC Location: S - Stage / Bühne Chair: Josef Strobl	A23: Mobilität: GI Innovationen für die Mobilitätspraxis Location: A - Sessions Chair: Sabine Timpf	B23: Fernerkundung: Daten, Analysen, Services Location: B - Sessions Chair: Dirk Tiede	C23: Workshop: Kartographie mit ArcGIS Pro Location: C - Sessions Chair: Stefanie Obmann	D23: Poster Session (1/2) Location: D - Sessions Chair: Hermann Klug Chair: Martin Sudmanns short, 2-minute pitch presentations by poster authors
12:00pm	A24: Lunch Break / Mittagspause Location: A - Sessions	B24: Lunch Break / Mittagspause Location: B - Sessions	C24: Lunch Break / Mittagspause Location: C - Sessions	D24: UNIGIS get.together Location: D - Sessions	N24: Networking / Netzwerken Location: N - Networking / Netzwerken
1:00pm	A25: Mobilität: Modellierung und Analyse Location: A - Sessions Chair: Martin Loidl	B25: Von Daten zu (Geo-)Information - Datenextraktion Location: B - Sessions Chair: Peter Mandl	C25: Workshop: Asseco-Workshop mit 7 Themen x 10 Minuten GIS-Kaleidoskop Location: C - Sessions Chair: Frank Kutter	D25: Workshop: Wie gut kennen Sie Ihren Markt? Sind auch Sie auf der Suche nach neuen Kunden? - Marktanalytik mit WebGIS zeigt Ihnen	E25: EXPO Time Location: E - Expo / Ausstellung

				wo. Location: D - Sessions Chair: Norbert Hackner-Jaklin	
2:00pm	A26: Mobilität: Bicycle Observatory Location: A - Sessions Chair: Martin Loidl	B26: Plattformen und Services (1/2) Location: B - Sessions Chair: Matthias Möller		C26: Workshop: Einführung OpenStreetMap und humanitäres Mapping (1 von 2) Location: C - Sessions Chair: Jakob Miksch	
2:45pm					
3:00pm	S27: GI Forum Intro Location: S - Stage / Bühne	A27: Die Mobilitätswende messen. Location: A - Sessions Chair: Stefan Kollarits	B27: Plattformen und Services (2/2) Location: B - Sessions Chair: Matthias Möller	C27: Workshop: OSM - Humanitärer Mapathon (2 von 2) Location: C - Sessions Chair: Jakob Miksch	
3:45pm	Chair: Adrijana Car				
4:00pm	A28: GI_Forum Opening Keynote: Geographies of Misinformation and Incivility in Social Media" Location: A - Sessions Chair: Robert Vogler			E28: EXPO Night Location: E - Expo / Ausstellung	
4:45pm					
Date: Wednesday, 08/Jul/2020					
9:00am	C31: Keynote: Tim COLE: "Remembrance and Geomedia: remembering, teaching and researching the Holocaust through GIS"				
-	Location: C - Sessions				
9:45am	Chair: Michal Frankl				
10:00am	S32: Round Table - EO in action: connecting academia, businesses and administrations Location: S - Stage / Bühne Chair: Stefan Lang Chair: Dirk Tiede	A32: Daten in der Erdebeobachtung Location: A - Sessions Chair: Martin Sudmanns	B32: Hochpräzise Karten für vernetztes und automatisiertes Fahren Location: B - Sessions Chair: Karl Rehrl	C32: Remembrance & Geomedia Location: C - Sessions Chair: Thomas Jekel	D32: Workshop: BIM und GIS - Das Beste aus zwei Welten wächst zusammen Location: D - Sessions Chair: Frank Kutter
10:45am					
11:00am	A33: AGEO "Stories of Success" Location: A - Sessions Chair: Gernot Paulus	B33: EO Day Location: B - Sessions Chair: Dirk Tiede	C33: Remembrance: Databases and Visualization Location: C - Sessions Chair: Wolfgang Schellenbacher	D33: Workshop: Hohe Geschwindigkeit bei der Erfassung, Verarbeitung und Bereitstellung von Laserscandaten Location: D - Sessions Chair: Nikolaus Studnicka	E33: EXPO Time Location: E - Expo / Ausstellung
11:45am					
12:00pm	A34: Lunch Break / Mittagspause Location: A - Sessions	B34: Lunch Break / Mittagspause Location: B - Sessions	C34: Lunch Break / Mittagspause Location: C - Sessions	D34: Lunch Break / Mittagspause Location: D - Sessions	N34: Networking / Netzwerken Location: N - Networking / Netzwerken
1:00pm					
1:00pm	S35: ITG: Position und Umgebung: Erfahrungsberichte von Salzburger Großbetrieben Location: S - Stage / Bühne Chair: Manfred Mittlböck Chair: Walter Haas Chair: Rainer Steindler	B35: EO Day: GEOBIA Summer School Interactive Presentations (1/2) Location: B - Sessions Chair: Barbara Riedler Chair: Stefan Lang	C35: Remembrance: Geomedia and Pedagogies Location: C - Sessions Chair: Uwe Schulze	D35: Workshop: Einführung in die Verwaltung von Geodaten in der PostgreSQL Datenbank mit PostGIS Location: D - Sessions Chair: Jörg Thomsen	E35: EXPO Time Location: E - Expo / Ausstellung
1:45pm					
2:00pm	A36: aGEOBox Location: A - Sessions Chair: Gernot Tutsch	B36: EO Day: GEOBIA Summer School Interactive Presentations (2/2) Location: B - Sessions Chair: Barbara Riedler Chair: Stefan Lang	C36: Workshop: Geschichtomat - How to teach Jewish history with digital aid Location: C - Sessions Chair: Carmen Bisotti	D36: Workshop: Präsentationen: Earth DataCubes: Concepts, Standards, Services Location: D - Sessions Chair: Peter Baumann	
2:45pm					
3:00pm	S37: EO Day: Opening Christian-Doppler Labor Location: S - Stage / Bühne Chair: Stefan Lang Chair: Dirk Tiede	A37: Workshop: ArcGIS Urban & CityEngine Location: A - Sessions Chair: Till Schmid	C37: Panel: Remembrance & Geomedia Location: C - Sessions Chair: Thomas Jekel	D37: Workshop: Entwicklungsplattform UML Salzburg Location: D - Sessions Chair: Manfred Mittlböck	
3:45pm					
4:00pm	S38: EO Day: Opening Christian-Doppler Labor Location: S - Stage / Bühne Chair: Stefan Lang Chair: Dirk Tiede				
4:45pm	GEOHUM (Geospatial and EO-based humanitarian technologies) Relevance for NGO partner Doctors Without Borders (MSF) Academic guest intervention (Prof. Sébastien Lefèvre, University of South Brittany) „Machine deep learning for EO applications“				
5:00pm	A39: Poster Session (2/2) Location: A - Sessions Chair: Martin Sudmanns Chair: Hermann Klug short, 2-minute pitch presentations by poster authors		B39: EO Day Joint Keynote: Anne MIGLARESE: "Innovation in Geospatial Analytics for Land, Sea and Space" Location: B - Sessions Chair: Adrijana Car Chair: Lorenz Wendt		
5:45pm					
6:00pm	A40: Poster Session: Discussions Location: A - Sessions				
6:45pm	Chair: Hermann Klug Chair: Martin Sudmanns Discussion of poster pitches				
Date: Thursday, 09/Jul/2020					
8:45am	S40: Ankommen auf der AGIT 2020 Location: S - Stage / Bühne				
9:00am					
9:00am	S41: Keynote: Michael ADLER: "Nudging, Framing, Storytelling - Wie Kommunikation zur Verkehrswende motiviert"				
9:45am	Location: S - Stage / Bühne Chair: Bernhard Ziegel				
10:00am	A42: Graphenintegrationsplattform Location: A - Sessions Chair: Andreas Unterluggauer	C42: Spatial Citizenship Location: C - Sessions Chair: Thomas Jekel	D42: Workshop: Mapbender für den einfachen Aufbau von WebGIS Anwendungen		
10:45am					

11:00am - 11:45am	A43: Workshop: Graphium - Ein quelloffenes Software-Werkzeug zur Arbeit mit Verkehrsgraphen Location: A - Sessions Chair: Karl Rehr	B43: Digitalisierung & Bildung: Partizipation Location: B - Sessions Chair: Robert Vogler	C43: Spatial Citizens Science Location: C - Sessions Chair: Sabine Hennig	D43: Young Researcher Corner: Experience Sharing Location: D - Sessions Chair: Andreas Petutschnig Chair: Dana Kaziyeva Chair: Mona Bartling	E43: EXPO Time Location: E - Expo / Ausstellung
12:00pm - 1:00pm	A44: Lunch Break / Mittagspause Location: A - Sessions	B44: Lunch Break / Mittagspause Location: B - Sessions	C44: Lunch Break / Mittagspause Location: C - Sessions	D44: Lunch Break / Mittagspause Location: D - Sessions	N44: Networking / Netzwerken Location: N - Networking / Netzwerken
1:00pm - 1:45pm	A45: Forum: Mobilität in Bewegung (1/4) - Vorträge Location: A - Sessions Chair: Martin Loidl	B45: Digitalisierung & Bildung: Grundlagen und Konzepte Location: B - Sessions Chair: Robert Vogler	C45: Advances in Environmental GIS Location: C - Sessions Chair: Gudrun Wallentin	D45: Young Researcher Corner: Dialogue with a Keynote Speaker Location: D - Sessions Chair: Hannah Augustin	E45: EXPO Time Location: E - Expo / Ausstellung
2:00pm - 2:45pm	A46: Forum: Mobilität in Bewegung (2/4) - Diskussion Location: A - Sessions Chair: Martin Loidl	B46: Workshop: Gestaltung digitaler Lehr-Lernformate für eine mündige Nutzung digitaler Geomedien in der geografischen Lehrkräftebildung Location: B - Sessions Chair: Uwe Schultze	C46: Advances in Spatio Temporal Analytics and GI Technologies Location: C - Sessions Chair: Clemens Rudolf Havas Chair: Bernd Resch		
3:00pm - 3:45pm	A47: Forum: Mobilität in Bewegung (3/4) - Vorträge Location: A - Sessions Chair: Stefan Krampe	B47: Workshop: Geodatenharmonisierung mit hale studio Location: B - Sessions Chair: Thorsten Reitz	C47: GIS Modelling and Planning in Urban Contexts Location: C - Sessions Chair: Sabine Hennig Chair: Anna Kovacs-Györi		
4:00pm - 4:45pm	A48: Forum: Mobilität in Bewegung (4/4) - Diskussion Location: A - Sessions Chair: Stefan Krampe		B48: Keynote: Orhun AYDIN: "Spatial Solutions to World's Complex Problems: The Rise of Spatial Data Science" Location: B - Sessions Chair: Josef Strobl		
4:45pm - 5:00pm	S49: Farewell & auf Wiedersehen auf der AGIT 2021 Location: S - Stage / Bühne				
Date: Friday, 10/Jul/2020					
9:00am - 9:30am	S51: Youth Forum: Pathways to Digital Earth (Unconference) Location: S - Stage / Bühne Chair: Thomas Blaschke Chair: Josef Strobl				
9:30am - 11:30am	A52: Break-Out Group 1 Location: A - Sessions Chair: Sabine Hennig Chair: Erika Blaschke	B52: Break-Out Group 2 Location: B - Sessions Chair: Anna Kovacs-Györi Chair: Thomas Strasser	C52: Break-Out Group 3 Location: C - Sessions Chair: Martin Treiblmayr Chair: Clemens Rudolf Havas	D52: Break-Out Group 4 Location: D - Sessions Chair: Hannah Augustin Chair: Omid Ghorbanzadeh	E52: Break-Out Group 5 Location: E - Sessions Chair: Thomas Blaschke Chair: Josef Strobl
11:30am - 12:30pm	A53: Plenary Discussion Location: A - Sessions Chair: Josef Strobl Chair: Thomas Blaschke Chair: Erika Blaschke				

Mobile View Print View

Contact and Legal Notice - Contact Address: office@agit.at
Privacy Statement - Conference: GI_Week 2020

Conference Software - ConfTool Pro 2.6.132+TC
© 2001 - 2020 by Dr. H. Weinreich, Hamburg, Germany

圖 1. GI Week 2020 會議議程



圖 2. GI Week 2020 Virtual Conference 會議使用者界面

本次會議共安排三場 Keynote Speech：

1. 第一場
 - A. 講者: Monica STEPHENS
 - B. 單位: University at Buffalo (SUNY), USA
 - C. 題目: Data & Deception: Geographies of Misinformation and Incivility in Social Media
 - D. 影片: <https://youtu.be/b3HpreI6FgM>
 - E. 內容: 此專題演講討論社交媒體數據的不確定與錯誤傳播，社交媒體演算法優先推播流行內容，會造成資訊的不平等，也會對空間資訊公民參與造成嚴重的影響。
2. 第二場
 - A. 講者: Orhun Aydin
 - B. 單位: ESRI, USA
 - C. 題目: Spatial Solutions to World's Complex Problems: The Rise of Spatial Data Science
 - D. 影片: https://youtu.be/8S7MxV34p_w
 - E. 內容: 此專題演講在介紹 ESRI 公司發展空間資料科學分析方案，主要著重在如何強化機器學習之空間資訊應用。
3. 第三場
 - A. 講者: Tim Cole
 - B. 單位: University of Bristol, Vereinigtes Königreich
 - C. 題目: Remembrance and Geomedia: remembering, teaching and researching the Holocaust through GIS
 - 影片: <https://youtu.be/6aYIVQYMIUM>
 - D. 內容: 此專題演講屬於人文社會科學領域，介紹歷史學家與跨學科研究的經驗。

除了專題演講外，與本研究相關較高的論文發表場次還包含:

1. 第一場
 - A. 講者: Prof. Dr. Jürgen DÖLLNER
 - B. 單位: Hasso Plattner Institute
 - C. 題目: Geospatial Artificial Intelligence: Potentials for 3D Point Clouds
 - D. 內容: 此專題演講提到 AI 目前面臨的挑戰(圖 3)，並深入的探討三維點雲的 GeoAI 潛力，現在獲取三維點雲設備已大幅成長，從巨量的點雲資料中萃取空間資訊需發展點雲的人工智慧技術，並展示三維城市模型、室內建模及 BIM 之三維點雲的 GeoAI 應用。

Basic Conceptual Difficulties



What is intelligence?

- Human intelligence
- Natural intelligence
- Artificial intelligence
- General-purpose intelligence
- Dark side of intelligence

Controversial Assessments

- “AI is going to amplify human intelligence not replace it, the same way any tool amplifies our abilities.” (Yann LeCun, Turing Award 2018)
- “The biggest misconception around AI is that people think we’re close to it” (Prof. Gary Marcus, NYU)
- “It’s a glorified signal processing tool, but it can be super beneficial.” (Prof. Max Welling, U of Amsterdam and UC Irvine)
- “AI is already used in many systems in society. ... They just don’t look like people expect.” (Elizabeth Ling, Elsevier)

5 Geospatial Artificial Intelligence: Potentials for 3D Point Clouds Prof. Dr. Jürgen Döllner 06.07.2020

圖 3. AI 的挑戰簡報

2. 第二場

- A. 講者: Anne MIGLARESE
- B. 單位: Radiant Earth Foundation
- C. 題目: Innovation in Geospatial Analytics for Land, Sea and Space.
- D. 內容: 此專題演講探討地球觀測的機會與挑戰(圖 4)，及地球觀測衛星數據在過去的 50 年，為地球的土地、海洋及生態帶來的正面幫助，遙測技術的興起及可用數據的增加對環境議題帶來的啟發，並討論市場動態和新興經濟體的增長。

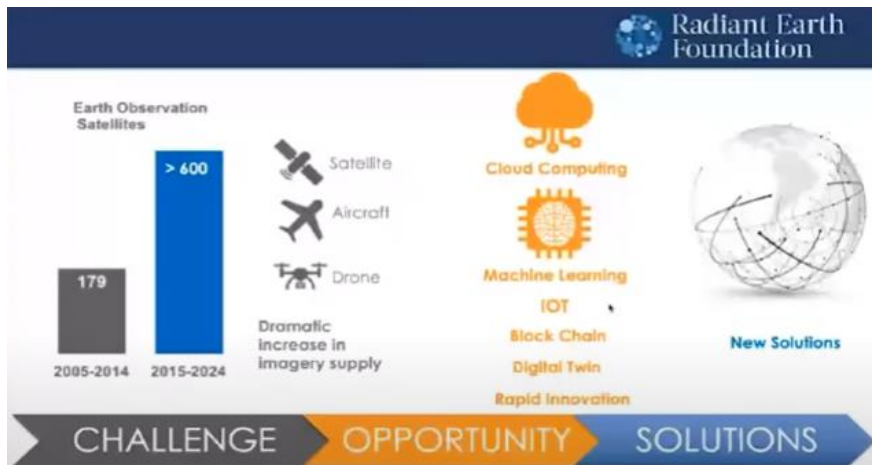


圖 4. 地球觀測的機會與挑戰

(2)ISPRS 2020: Virtual Event

(<http://www.isprs2020-nice.com/index.php/virtualevent-2/>)

ISPRS 2020: Virtual Event 由國際航空測量及遙感探測學會(The International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, ISPRS)所主辦，受 Covid-19 影響，會議是從 ISPRS Congress 2020 增辦的線上會議(圖 5)，此會議是遙測新知與知識交流的重要平台之一，提供各國政府、學界及業界的新世代感測技術的議題，是全球航空測量及遙感探測領域中，也是最重要的研討會之一。本次線上會議自 2020 年 8 月 31 日起至 9 月 2 日止，為期 3 天，總共有 47 個場次，口頭論文發表約 188 篇，其中主題與深度學習(Deep Learning)相關的論文為 24 篇 (佔論文發表 12%)，可見深度學習在航遙測領域被重視的呈度。



圖 5. ISPRS 2020 官網截圖

會議中與本計畫相關之論文發表場次重點整理如下：

1. 第一場(圖 6)
 - A. 講者: Hassanzadeh, Shahraji Mohsen
 - B. 單位: Laval University, Canada
 - C. 題目: Analysis of systematic errors of mobile LiDAR systems: a simulation approach
 - D. 內容: 此研究系統性探討測量車的誤差來源，以獲取直接地理對位的量測精度，經由模式模擬，對測量車高精度製圖提供作業參考依據。



ANALYSIS OF SYSTEMATIC ERRORS OF MOBILE LIDAR SYSTEMS: A SIMULATION APPROACH

Presented by

MOHSEN H. SHAHRAJI, Ph.D. Student
Département des sciences géomatiques, Université Laval

Co-authors

CHRISTIAN LAROUCHE, Associate Professor
Département des sciences géomatiques, Université Laval

MARC COCARD, Associate Professor
Département des sciences géomatiques, Université Laval

圖 6. Analysis of systematic errors of mobile LiDAR systems: a simulation approach
簡報截圖

2. 第二場(圖 7)

E. 講者: Nakano, Kazuya

F. 單位: AERO ASAHI CORPORATION, Japan

G. 題目: On practical accuracy aspects of unmanned aerial vehicles equipped with survey grade laser scanners

H. 內容: 無人機光達系統是無人機重要發展, 此研究系統性探討測量等級無人機光達系統的量測精度, 經由案例實驗分析, 在航高小於 100 公尺時, 與地面光達比較, 可獲取 2cm 到 4cm 的均方根誤差。

On Practical Accuracy Aspects of Unmanned Aerial Vehicles Equipped with Survey Grade Laser Scanners



NAKANO K., TANAKA Y., SUZUKI H.
AERO ASAHI CORPORATION
HAYAKAWA K., KURODAI M.
HAZAMA ANDO CORPORATION

Contents

1. Introduction
2. Derivation of formula for theoretical values
3. Equipment used for the evaluation
4. Data acquisition
5. Performance evaluation
6. Discussion
7. Conclusions

圖 7. On practical accuracy aspects of unmanned aerial vehicles equipped with survey grade laser scanners 簡報截圖

3. 第三場(圖 8)

A. 講者: Gautier, Jacques

B. 單位: LASTIG, Univ Gustave Eiffel, ENSG, IGN, France

- C. 題目: Visualizing 3D climate data in urban 3D models
- D. 內容: 極端氣候及環境議題對都市區的影響十分顯註，為了解都市區三度空間的環境因子，此研究提出視覺化的視料呈現方法，分析空間分佈與都市地形的相互關係。

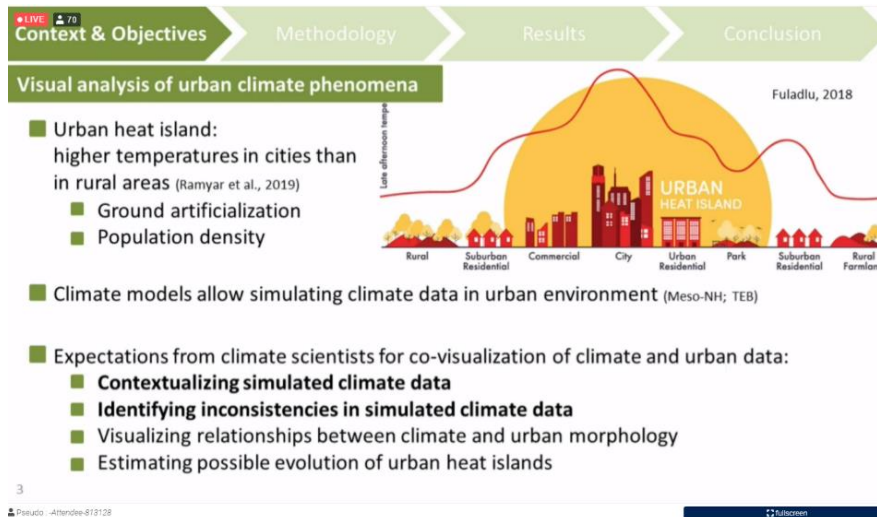


圖 8. Visualizing 3D climate data in urban 3D models 簡報截圖

4. 第四場(圖 9)

- A. 講者: Xia, Yuanxin
- B. 單位: DLR - German Aerospace Center, Germany
- C. 題目: Dense matching comparison between classical and deep learning based algorithms for remote sensing data
- D. 內容: 比較傳統 SGM 及深度學習 GA-Net 影像匹配技術，實驗發現經過訓練 GA-Net 的預處理會比傳統 SGM 提供更好的成果，此外 GA-Net 對於一致性較低的立體像對亦能達成較佳成果。

Dense Matching Comparison between Classical and Deep Learning based Algorithms for Remote Sensing Data

Yuanxin Xia, Pablo d'Angelo, Jiaojiao Tian, Peter Reinartz

Photogrammetry and Image Analysis, Remote Sensing Technology Institute, German Aerospace Center (DLR)

XXIVth ISPRS Congress (August 31 - September 2, 2020)



圖 9. Dense matching comparison between classical and deep learning based algorithms for remote sensing data 簡報截圖

5. 第五場(圖 10)

- A. 講者: Menna, Fabio
- B. 單位: FBK Trento, Italy
- C. 題目: Mitigating image residuals systematic patterns in underwater photogrammetry
- D. 內容: 此研究提出水下攝影的誤差補償機制，對水下攝影的誤差行為進行模式化，再使用此模式消除觀測影像的誤差，以提升水下攝影之量測精度。

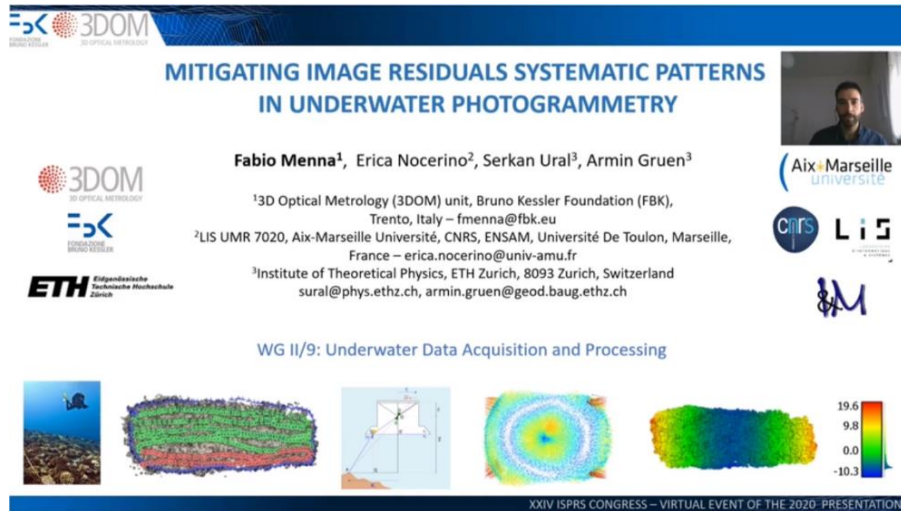


圖 10. Mitigating image residuals systematic patterns in underwater photogrammetry
簡報截圖

6. 第六場(圖 11)

- A. 講者: Weber, Immanuel
- B. 單位: University of Applied Sciences Koblenz, Germany
- C. 題目: Learning with real-world and artificial data for improved vehicle detection in aerial imagery
- D. 內容: 深度學習需要許多訓練資料，此研究提出使用三維物件模型進行反投影及模擬，以產生人工模擬之訓練影像，並混合真實觀測之訓練影像，以增加訓練樣本的多元性，實驗證明混合人工模擬及真實觀測可加快收斂速度。

Learning with real-world and artificial data for improved vehicle detection in aerial imagery

Immanuel Weber¹, Jens Bongartz¹, Ribana Roscher²

¹University of Applied Sciences Koblenz, AMLS, Remagen, Germany

²Institute of Geodesy and Geoinformation, University of Bonn, Germany

XXIV ISPRS Congress – Virtual Event
09/01/2020

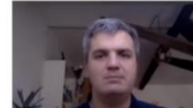


圖 11. Learning with real-world and artificial data for improved vehicle detection in aerial imagery 簡報截圖

7. 第七場(圖 12)

- A. 講者: Gigli, Leonardo
- B. 單位: Mines ParisTech, France
- C. 題目 :Road segmentation on low resolution lidar point clouds for autonomous vehicles
- D. 內容: 此研究針對 Velodyne 這類自駕車低密度點雲，提出道路點雲分割方法，分割目的是為了萃取道路面，採用 U-Net 架構進分割，並實驗中分析不同掃描線數量對點雲分割之影響。

ROAD SEGMENTATION ON LOW RESOLUTION LIDAR POINT CLOUDS FOR AUTONOMOUS VEHICLES

Leonardo Gigli, B Ravi Kiran, Thomas Paul, Andres Serna, Nagarjuna Vemuri,
Beatriz Marcotegui, Santiago Velasco-Forero



1

圖 12. Road segmentation on low resolution lidar point clouds for autonomous vehicles 簡報截圖

8. 第八場(圖 13)

- A. 講者: Sothe, Camile
- B. 單位: McMaster University, Canada
- C. 題目: Evaluating a convolutional neural network for feature extraction and

tree species classification using UAV-hyperspectral images

- D. 內容: 無人機高光譜相機可應用於地物物種分類, 此研究針對無人機高光譜影像進行樹種分類, 使用的方法是深度學習。研究成果顯示, 由於無人機空間解析度高, 且高光譜影像可提供不同波長的反射率, 故可獲取各類類別。



Evaluating a Convolutional Neural Network for feature extraction and tree species classification using UAV-hyperspectral images

C. Sothe, L. E. C. la Rosa, C. M. de Almeida, A. Gonsamo, M. B. Schimalski, J. D. B. Castro, R. Q. Feitosa, M. Dalponte, C. L. Lima, V. Liesenberg, G. T. Miyoshi, A. M. G. Tommaselli



圖 13. Evaluating a convolutional neural network for feature extraction and tree species classification using UAV-hyperspectral images 簡報截圖

ISPRS 2020 會議中所有論文發表場次整理如下:

- MO.1.1.: Mobile Mapping and Location-based Services.
- MO.2.1.: Spatial Applications for Smart Cities.
- MO.1.2.: LiDAR Processing and Evaluation.
- MO.2.2.: Simulation, VR and Augmented Reality.
- MO.1.3.: Multi Sensorial Data Processing
- MO.2.3.: Spatial Data Management.
- MO.1.4.: UAS: Concepts and Applications.
- MO.2.4.: Advances in Spatial Information Science 1
- MO.1.5.: High Precision Positioning & Mapping
- MO.2.5.: Indoor/Outdoor Modelling and Geocomputation.
- MO.1.6.: Robotics for 3D Mapping and Modelling.
- MO.2.6.: Advances in Spatial Information Science 2
- MO.1.7.: Spaceborne Sensing.
- MO.2.7.: Collaborative Crowdsourced Cloud Mapping.
- MO.1.8.: Image Enhancement: Technology and Methods.
- MO.2.8.: Ontology, Semantics and Spatial Data Analysis.

- TU.1.1.: Cultural Heritage.
- TU.2.1.: Advancements in photogrammetric processing.
- TU.1.2.: Industrial photogrammetry.
- TU.2.2.: 3D & Semantics.
- TU.1.3.: Photogrammetry 2020 - 1
- TU.1.4.: Geospatial Machine Learning.
- TU.2.4.: Education, Outreach & Youth Forum 1
- TU.1.5.: Photogrammetry 2020 - 2
- TU.2.5.: Education, Outreach & Youth Forum 2.
- TU.1.6.: Point cloud processing.
- TU.2.6.: Education, Outreach & Youth Forum 3
- TU.1.7.: 3D mapping.
- TU.2.7.: Education, Outreach & Youth Forum.
- TU.1.8.: Image orientation.
- TU.2.8.: Dynamic Scene Analysis.
- WE.1.1.: Hyperspectral Image Processing.
- WE.2.1.: Disaster Assessment, Monitoring and Management.
- WE.1.2.: Microwave & Lidar Remote Sensing.
- WE.2.2.: Planetary Remote Sensing and Mapping.
- WE.1.3.: Planetary Remote Sensing and Mapping
- WE.2.3.: Remote Sensing Data Fusion.
- WE.1.4.: Remote Sensing of Atmospheric Environment.
- WE.2.4.: Agriculture and Natural Ecosystems Modelling and Monitoring
- WE.1.5.: Thematic Information Extraction - 1
- WE.2.5.: Thematic Information Extraction - 2.
- WE.1.6.: Remote Sensing Data Quality.
- WE.2.6.: Disaster Assessment, Monitoring and Management
- WE.1.7.: Change Detection & Disaster Management.
- WE.2.7.: SAR-based Surface Generation and Deformation Monitoring.
- WE.1.8.: Landuse and Landcover Change Detection.
- WE.2.8.: Environment and Health.

(3)IGARSS 2020: Virtual Symposium (<https://igarss2020.org/>)

IEEE International Geoscience And Remote Sensing Symposium (IGARSS)為 IEEE Geoscience And Remote Sensing Society (IEEE GRSS)所舉辦的國際研討會，其創辦歷史已有四十年之久，並為地球科學及遙感探測等學術研究的一大盛事，本屆研討會的主題是『Remote Sensing: Global Perspectives for Local Solutions』。受新冠肺炎影響，本屆會議改為線上會議。會議自 2020 年 9 月 26 日起至 10 月 2 日止，為期 7 天，總共有 175 個場次，口頭論文發表約 1801 篇，論文涵蓋地球科學及遙感探測等各研究領域。



圖 14. IGARSS 2020 官網截圖

除了 Keynote Speech 外，本次會議線上開幕式(圖 15)並頒發各項 IEEE GRSS 的重要獎項，如 Fellowship 等。安排的三場 Keynote Speech，分別來向美國 NASA、澳大利亞 GeoScience Australia、及地主夏威夷，這三場演講分別介紹地球觀測的發展、Big Earth Data 及夏威夷海島面臨的海平面上升問題，演講主題條列如下：

1. Dr. Karen St. Germain (Director, NASA Earth Science Division): “Earth System Science: Understanding and Adapting to our Changing Planet”.
2. Dr. Stuart Minchin (Director-General, The Pacific Community(SPC)): “Digital Earth Australia, Africa and Pacific: Big Earth Data for Sustainable Development”.
3. Dr. Haunani Hi’ilani Kane (Postdoctoral Fellow, University of Hawaii): “Voyaging to our Kupuna islands: What do they tell us about climate change”.

Opening Ceremony Agenda	
Opening Remarks	Dr. William Emery
IEEE President Remarks	Dr. Toshio Fukuda
GRSS President Remarks	Dr. Paolo Gamba
Plenary Session	Dr. Karen St. Germain Dr. Stuart Minchin Dr. Haunani Hi’ilani Kane
IEEE Fellows & GRSS Major Awards	Dr. Alberto Moreira & Dr. Paolo Gamba
Closing Remarks	Dr. William Emery

圖 15. IGARSS 2020 會議開幕議程

除了專題演講外，其他 175 場的論文發表場次，主題包含數據分析、大氣層、海洋、火山與其他自然災害、人工智慧等，主題十分廣泛。IGARSS 2020 會議中有許多主題與本計畫相關，列舉其中相關論文發表及重點整理如下：

1. 第一場(圖 16)

- A. 場次: GeoAI and Machine Learning for GIScience
- B. 講者: George Percivall
- C. 單位: Open Geospatial Consortium and Namrata Chaudhary, Penn State University
- D. 題目: Exploitation of Earth Observations: OGC contributions to GRSS Earth Science Informatics
- E. 內容: 此專題演講介紹 OGC 組織在地球觀測所扮演的角色，包含開放標準擬定、集結不同領域專家及資訊開放，更重要的是提供地球觀測資料分析之 API，以利科學家對資料的分析。



圖 16. Exploitation of Earth Observations: OGC contributions to GRSS Earth Science Informatics 簡報截圖

2. 第 2 場(圖 17)

- A. 場次: Deep and Semantic Learning for Object Detection
- B. 講者: Liyuan Qing
- C. 單位: University of Waterloo, Canada
- D. 題目: AUTOMATED DETECTION OF MANHOLE COVERS IN MLS POINT CLOUDS USING A DEEP LEARNING APPROACH
- E. 內容: 此專題演講介紹使用測量車光達點雲偵測人手孔之研究，研究中使用雷射反射點雲進行分析，經由深度學習自動化分類，可有效達成 95% 之偵測率。

Automated Detection of Manhole Covers in MLS Point Clouds Using A Deep Learning Approach

Liyuan Qing¹, Ke Yang², Weikai Tan¹, Jonathan Li^{1,2}, Senior Member, IEEE



¹Department of Geography and Environmental Management, University of Waterloo
²Department of Systems Design Engineering, University of Waterloo
200 University Avenue West Waterloo, ON, Canada N2L 3G1
*Corresponding author: junli@uwaterloo.ca

圖 17. AUTOMATED DETECTION OF MANHOLE COVERS IN MLS POINT CLOUDS USING A DEEP LEARNING APPROACH 簡報截圖

3. 第 3 場(圖 18)

- A. 場次: Learning and Transformation for Image Classification
- B. 講者: Jingzhou Chen
- C. 單位: Zhejiang University, China
- D. 題目: Multi-Label Remote Sensing Image Classification with Deformable Convolutions and Graph Neural Networks
- E. 內容: 此研究為解決遙測多標籤(Multi-label)應用於影像分類時，標籤之間存在巨大的類內差異和標籤依賴性，提出一種基於可變形卷積(Deformable Convolution)與圖形神經網絡(Graph Neural Networks)的新穎架構，並利用 UC-Merced 和 DOTA 數據集證明了此架構的有效性。

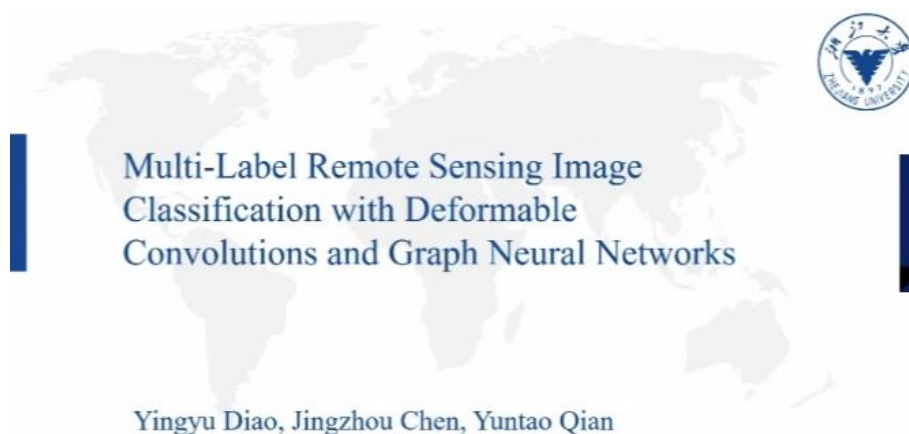


圖 18. Multi-Label Remote Sensing Image Classification with Deformable Convolutions and Graph Neural Networks 簡報截圖

4. 第 4 場(圖 19)

- A. 場次: Learning and Transformation for Image Classification
- B. 講者: Yuansheng Hua
- C. 單位: German Aerospace Center & Technical University of Munich
- D. 題目: Learning multi-label aerial image classification under label noise a regularization approach using word embeddings
- E. 內容: 此研究針對應用於航遙測影像分類之深度學習網路，提出一種從雜訊數據(noisy data)中學習多標籤分類的方法，稱為標籤相關性正則化(label correlation regularization, LCR)。目的為在影像存在標籤失真(label noise)的情況下學習，以訓練帶有失真標籤的多標籤分類模型。研究方法主要為根據標籤類別先驗知識(prior knowledge)對預測成果進行正則化，利用字嵌入(word embedding)的概念，使用自然語言處理(natural language processing, NLP)模型將字投射到嵌入空間(embedding space)，對標籤相關性進行編碼。最後，利用 UC-Merced 數據集證明：(1)NLP 模型可用於編碼先驗知識，且先驗知識有助於學習存在雜訊的數據，(2)標籤相關性正則化能改善預測成果被雜訊影響的情形。

**Learning multi-label aerial image classification under label noise
a regularization approach using word embeddings**

Yuansheng Hua^{1,3}, Sylvain Lobry², Lichao Mou^{1,3}, Devis Tuia², Xiao Xiang Zhu^{1,3}

¹German Aerospace Center (DLR)
²Wageningen University
³Technical University of Munich (TUM)



圖 19. Learning multi-label aerial image classification under label noise a regularization approach using word embeddings 簡報截圖

IGARSS 2020 會議中所有論文發表場次整理如下：

MO2.R1: Land Use Applications I

MO2.R2: Advanced Flood Monitoring and Prediction for Disaster Risk Reduction and Resilient Infrastructure

MO2.R3: SAR Interferometry I

MO2.R4: International Spaceborne Imaging Spectroscopy Missions: Updates

and News

MO2.R5: Hyperspectral Image Classification I

MO2.R6: SAR Tomography

MO2.R7: Global Satellite Capability is Key to Effective Response to All Scales of Natural Disasters

MO2.R8: Ocean Biology, Temperature and Salinity

MO2.R9: RS of Snow and Frozen Ground

MO2.R10: Remote Sensing for Forest and Vegetation Structure

MO2.R11: Remote Sensing for Crop Monitoring, Mapping and Classification I

MO2.R12: Urban Remote Sensing I

MO2.R13: Recent Advances in GNSS Reflectometry

MO2.R14: Time Series Analysis

MO2.R15: POLSAR / POLINSAR: Applications & Analysis

MO2.R16: Image and Data Fusion I

MO2.R17: Detection of Small Static and Moving Objects

MO2.R18: Change Detection in SAR Images

MO2.R19: Electromagnetic Scattering

TU1.R1: Land Use Applications II

TU1.R2: Monitoring and Damage Assessment of Natural Disasters I

TU1.R3: SAR Interferometry II

TU1.R4: Novel Active and Passive Microwave Satellite Missions

TU1.R5: 3D Terrain Mapping / Tomographic Imaging of Forest and Ionosphere

TU1.R6: Advanced Learning Methods for Hyperspectral Classification

TU1.R7: Learning and Transformation for Image Classification

TU1.R8: Ocean Surface Winds and Currents I

TU1.R9: Ice Sheets and Glaciers

TU1.R10: GeoAI and Machine Learning for GIScience

TU1.R11: Data Fusion: Optical

TU1.R12: Change Detection in Optical Images

TU1.R13: Monitoring and Preservation of Natural Reserves and Coastal Areas

TU1.R14: Passive Optical, Hyperspectral Sensors and Calibration I

TU1.R15: Remote Sensing Parameters and Models for Radiation Energy Budget

TU1.R16: POLSAR Analytic Techniques

TU1.R17: Machine Learning for Earth Observation I
TU1.R18: Target Detection using SAR Data
TU1.R19: Clouds and Numerical Weather Prediction
TU1.R20: Student Paper Contest Finalists I
TU2.R1: NASA Soil Moisture Active Passive Mission Extended Phase Observations and Results
TU2.R2: Monitoring and Damage Assessment of Natural Disasters II
TU2.R3: Differential SAR Interferometry I
TU2.R4: Optical Satellite Missions I
TU2.R5: Hyperspectral Image Classification II
TU2.R6: IEEE GRSS Data Fusion Contest
TU2.R7: Spatial Analysis, Modeling and Computing for GIScience
TU2.R8: Ocean Surface Winds and Currents II
TU2.R9: Sea Ice I
TU2.R10: Remote Sensing for Forest and Vegetation Structure, Health and Growth I
TU2.R11: Remote Sensing for Crop Parameters I
TU2.R12: Multispectral Urban Remote Sensing
TU2.R13: Advances in Reflectometry with GNSS and Signals of Opportunity (GNSS+R)
TU2.R14: Advancements in the Open Data Cube and Analysis Ready Data
TU2.R15: TanDEM-X Mission Status and Science Activities
TU2.R16: Processing and Imaging Techniques
TU2.R17: Physical Modeling in Microwave and Optical Remote Sensing
TU2.R18: Detection and Segmentation using Very High Resolution Imaging
TU2.R19: Clouds and Precipitation I
TU2.R20: Student Paper Contest Finalists II
WE1.R1: Soil Moisture I
WE1.R2: Monitoring and Damage Assessment of Natural Disasters III
WE1.R3: Differential SAR Interferometry II
WE1.R4: Lidar Science and Technology
WE1.R5: Advanced Clustering Methods for Remote Sensing Data I
WE1.R6: Model Inversion and Parameter Estimation
WE1.R7: Optical Satellite Missions II
WE1.R8: Coastal Zone
WE1.R9: Sea Ice II and Permafrost
WE1.R10: Remote Sensing for Forest and Vegetation Classification, Growth,

and Dynamics

WE1.R11: Remote Sensing for Crop Monitoring, Mapping and Classification II

WE1.R12: SAR Instruments and Calibration

WE1.R13: Recent Advances in GNSS-Reflectometry: Calibration, Coherent/Incoherent Scattering, and Land Applications

WE1.R14: Data Management and Systems I

WE1.R15: Passive Optical, Hyperspectral Sensors and Calibration II

WE1.R16: Processing and Imaging Techniques II

WE1.R17: Detection and Classification in Urban Environment

WE1.R18: Vessels Detection using Remote Sensing Data

WE1.R19: Clouds and Precipitation II

WE1.R20: Processing Schemes for Hyperspectral Imaging

WE2.R1: Soil Moisture Related Applications

WE2.R2: Monitoring and Damage Assessment of Natural Disasters IV

WE2.R3: Spatial and Temporal Interpolation Approaches and Applications

WE2.R4: Space Lidar: Missions, Technologies and Observations

WE2.R5: Advanced Clustering Methods for Remote Sensing Data II

WE2.R6: Ground Penetrating Radar

WE2.R7: Incorporating Physics into Deep Learning

WE2.R8: Remote Sensing Measurements of Small Scale and Submesoscale Processes in the Ocean

WE2.R9: Adaptive Segmentation and Optimization

WE2.R10: Remote Sensing for Forest and Vegetation Structure, Health and Growth II

WE2.R11: Remote Sensing for Crop Monitoring, Mapping and Classification III

WE2.R12: Advances in Regression, Super-resolution and Denoising

WE2.R13: Recent Advances in GNSS-Reflectometry: Cryospheric Applications and Novel Techniques

WE2.R14: Data Management and Education I

WE2.R15: KOMPSAT and New Space SAR Instruments and Constellations

WE2.R16: Processing and Imaging Techniques III

WE2.R17: UAV and Airborne Platforms Applications I

WE2.R18: Deep and Semantic Learning for Object Detection

WE2.R19: Global Precipitation Measurement Mission with Emphasis on Coastal Observations

- TH1.R1: Soil Moisture II
- TH1.R2: Adaptive and Neural Methods for Object Recognition
- TH1.R3: Feature Reduction by Neural and/or Spatial Characterization I
- TH1.R4: Wetlands and Inland Waters I
- TH1.R5: Classification Methods for SAR Data
- TH1.R6: Land Cover Dynamics I
- TH1.R7: Target Detection II
- TH1.R8: Ocean Surface Winds and Currents III
- TH1.R9: Semantic Learning for Image Analysis
- TH1.R10: Remote Sensing for Forest and Vegetation Growth and Dynamics
- TH1.R11: Remote Sensing for Crop Monitoring, Mapping and Classification IV
- TH1.R12: Regression and Estimation Methods and Applications
- TH1.R13: Microwave Radiometer Calibration and RFI I
- TH1.R14: Data Management and Education II
- TH1.R15: Passive Optical, Hyperspectral Sensors and Calibration III
- TH1.R16: Spaceborne Imaging Techniques
- TH1.R17: Learning and Adaptive Methods for Image Clustering
- TH1.R18: Analysis of Multitemporal Images
- TH1.R19: Atmospheric Sounding: Missions, Technology, Methods and Applications
- TH2.R1: Soil Properties
- TH2.R2: Analytic Center Frameworks for Monitoring and Assessing Disasters at Diverse Spatiotemporal Scales
- TH2.R3: Feature Reduction by Neural and/or Spatial Characterization II
- TH2.R4: Next Generation of LEO/GEO Microwave and Infrared Sounders
- TH2.R5: Data Fusion: SAR and Optical
- TH2.R6: Land Cover Dynamics II
- TH2.R7: Integrating Physical Models into Machine Learning (ML) Models
- TH2.R8: Ocean Altimetry
- TH2.R9: Airborne/Ground-base and Processing Imaging Techniques
- TH2.R10: Remote Sensing Methods for Forest and Vegetation Properties
- TH2.R11: Envisioning the Role of Remote Sensing in Agriculture in 2030
- TH2.R12: Advanced Remote Sensing Data Analysis for Sustainable Development
- TH2.R13: Radio Frequency Interference (RFI) in Microwave Remote Sensing

- TH2.R14: Data Management and Systems I
- TH2.R15: ALOS-2/-4
- TH2.R16: Remote Sensing in the Energy Industry: A Tool to Monitor Environmental Footprints and Reduce Risks
- TH2.R17: Global Sensing through New Observing Strategies for Local Solutions
- TH2.R18: Hyperspectral Unmixing
- TH2.R19: Satellite Remote Sensing of Atmospheric Composition: Algorithms, Applications, and Process Studies I
- TH2.R20: Detection of Objects in Complex Environments
- FR1.R1: Soils and Hydrology
- FR1.R2: Machine Learning for Earth Observation II
- FR1.R3: SAR Polarimetry: Theory and Applications
- FR1.R4: Wetlands and Inland Waters II
- FR1.R5: Networks and Time Series Methods for Remote Sensing
- FR1.R6: Image and Data Fusion II
- FR1.R7: Data Fusion: The AI Era
- FR1.R8: Ocean Biology, Temperature and Salinity, Altimetry and Coastal Zone
- FR1.R9: Processing and Imaging Techniques IV
- FR1.R10: Topography, Geology and Geomorphology I
- FR1.R11: Remote Sensing for Crop Parameters II
- FR1.R12: Unmixing and Anomaly Detection
- FR1.R13: Microwave Radiometer Calibration and RFI II
- FR1.R14: Target Detection and Localization
- FR1.R15: UAV and Airborne Platforms Applications II
- FR1.R16: Processing and Imaging Techniques V
- FR1.R17: Machine Learning for Multitemporal Image Analysis
- FR1.R18: Network Based Classifier
- FR1.R19: Satellite Remote Sensing of Atmospheric Composition: Algorithms, Applications, and Process Studies II
- FR2.R1: Hydrologic Remote Sensing, Modeling and Data Assimilation
- FR2.R2: Machine Learning and Artificial Intelligence for Remote Sensing
- FR2.R3: Object Detection and Segmentation
- FR2.R4: New Algorithms for NewSpace: Detecting Difficult Targets
- FR2.R5: Data Fusion: Hyperspectral and Lidar
- FR2.R6: Advanced Processing Tools for Feature Extraction and Reductions

- FR2.R7: Deep Learning Meets Earth Sciences: From Hybrid Modeling to Explainability
- FR2.R8: Marine Coastal Processes monitored by SAR
- FR2.R9: Classification Methods
- FR2.R10: Topography, Geology and Geomorphology II
- FR2.R11: Remote Sensing for Crop Parameters III
- FR2.R12: Target Detection I
- FR2.R13: Microwave Radiometer Instrumentation and Data Analysis
- FR2.R14: Remote Sensing for Mineral and Oil & Gas Exploration and Production
- FR2.R15: Copernicus C- and L- band SAR Missions: Status, Evolution and Contribution to Monitoring of Geohazards, Natural Disasters and Cryosphere Dynamics
- FR2.R16: Enhancement Methods for Image Analysis
- FR2.R17: Bistatic and Digital Beamforming SAR
- FR2.R18: Analysis of Satellite Images Time Series
- FR2.R19: Satellite Remote Sensing of Atmospheric Composition: Algorithms, Applications, and Process Studies III

附件 H：智慧型潮位分析之發展

智慧型潮位分析之發展

The Development of Intelligent Tide Analysis

史天元

交通大學土木工程學系

摘要

潮位，是自然界有明確引致機制的現象。調和分析，業已多年廣泛應用於潮位數據的處理與預報。雖然潮位調和分析的處理軟體，近年仍然有持續不斷的發展，其理論架構已允稱完備。但是，由水位的面向看，水位之變化影響並非只限於天文潮，氣象潮的影響在短時期的影響常常亦為顯著。天文潮在淺水域的傳播，亦常常有調和分析參數不易模型化的成分。本文由現有文獻，簡略回顧智慧型潮位分析之發展，並說明其方法。

Abstract

Tide is a significant phenomenon which has well-known causing mechanism. That is, the astronomical body attraction due to gravity. For this reason, harmonic analysis has been widely applied for tidal analysis. Although there are still developments especially in software packages for tidal analysis, the theoretical foundation is well established. However, viewing from the “water level” aspect, astronomical attraction is not the only force of tide. The weather caused water level change could be dominant in a relatively short time period. And, the terrain effect is frequently difficult to be processed with harmonic analysis as well, particularly in shallow water area. In recent years, artificial intelligence has been applied for resolving this problem. This paper reviews the current development of this subject.

前言

地球表面的十分之七為海洋，在水域之活動，諸如船隻通航，與該時水深相關。水的深度，除受到海底地形之影響，潮位是另一項重要影響因素。因此，潮位觀測與分析，進而預報，與人類福祉高度相關。除常規性的「諧和分析」(Harmonic Analysis)外，是否可以使用人工智慧與深度學習等熱門技術？本文謹就此一議題回顧文獻，以了解目前之發展。

人工智慧應用案例

經由文獻蒐集與閱讀，人工智慧在水位與潮位分析中，可以歸納出兩大面向。其一為短時間序列觀測，無法有效進行「諧和分析」；其二為針對非天文影響因子的預報。謹依發表時間次序，簡要介紹各個文獻內容如後。

1. Lee & Jeng (2002)

本論文報導使用倒傳遞類神經網路(The back-propagation neural network,

BPN)配合 ARMA (Auto Regressive Moving Average)時間序列模式，應用於使用短時間潮位觀測進行預報。研究包含三個案例，分別使用基隆、新竹、高雄港，1998 年每小時一筆之潮位觀測數據。在訓練樣本部分，分為一天、三天、五天、15 天、31 天等情境，結論是五天比一天預報略好。如需預報一年，該論文建議使用至少 15 天觀測數據。

2. Steidley et al. (2005)

本研究為針對淺水區、風為顯著致潮力時。探討之案例為美國德克薩斯州 (Texas) Rockport 潮位站，該站位置接近 Corpus Christi，在海灣內。本研究使用類神經網路，於 Matlab 環境中執行，數據面十分多元，包含水位觀測量、潮位預報量、東西向風應力(Wind Stress)、南北向風應力、南北向風應力預報值。研究結論大致上為使用預測時刻前 24 小時之水位觀測量、12 小時之風速與風向觀測量，可達到最少觀測量的優化成果。

3. 林立青 (2006)

本研究屬於區域性大面積之潮位模型探討，分析引潮勢能與海溫參數對潮汐水位的影響，並應用類神經網路與適應性之模糊推算系統，架構潮汐水位推算模式。該研究建構兩個水位推算模式，一為利用太陽及月亮與地球上對應測點之相對位置與距離等參數，輸入神經網路來建立以推算潮汐水位之模式為 TGF-NN。另一為以海溫及引潮位勢進行類神經-模糊網路之架構是為 TGFT-FN。

本研究並非以單站潮位分析為課題。

4. Ding et al. (2010)

本研究標的為建置海洋警告系統(Ocean Warning System)，數據處理之挑戰在於數據多元且多源，品質不一，經常性包含粗差。如何整合多元多源數據，控管品質，是本研究發展之核心問題。本文發展之智慧型數據處理系統(Intelligent Data Processing System)，使用包含模糊均值演算法(fuzzy c-means)、數據過濾、分群、最大熵值法(maximum entropy)等等。並未使用類神經網路或機器學習等技術。

5. Li, et al. (2018)

此一研究為針對船隻航行時水深預測所需，研究中採用周邊多個海面浮台式潮位站之觀測量，使用反饋式類神經網路(feedback neural network)，以 300 天之觀測量進行訓練，以 65 天數據驗證。目的在於確認適航之時段。

6. Liu et al. (2019)

本研究之研究標的為高精度之潮位分析與預報，採取之方法結合諧和分析、支持向量機(Support Vector Machine, SVM)、ARIMA (Auto Regressive Integrated Moving Average)時間序列模式、小波分析(Wavelet Analysis)。並未使用類神經網路或機器學習等技術。根據目前了解，本研究所提之方法以諧和分析為基礎，再針對諧和分析後之殘差進行濾波、建模，使用

ARIMA-SVM 結合之演算方法，為一細緻、精密之數據處理流程，可以達成較單純諧和分析為高之預測精度。

結語

水體表面高度的時間變化，如海水面潮位高度，其引發之作用力包含天文與氣象。因而，海水潮位可大分為天文潮與氣象潮兩個部分。其中天文潮之引發機制明確且穩定，具有週期性，以諧和分析方式處理並進行預報，以為常規性作業，就現有知識所了解，並無使用人工智慧、類神經網路，等處理方法之必要性。但是氣象引發之水位變化，由於其變化度高，人工智慧與機器學習的數據處理方法就有應用之機會。

致謝

本文為內政部委託專案研究之部分成果，承蒙提供研究經費，謹此致謝。

參考資料

- 林立青，2006。嵌入引潮力與溫度的類神經-模糊潮汐推算模式，交通大學土木工程學系博士論文。
- Ding, Yongsheng, Hua Han, Fengming Liu, 2010. Intelligent integrated data processing model for oceanic warning system, Knowledge-Based Systems, 23 (2010) 61 - 69.
- Lee, T.L., D.S. Jeng, 2002. Application of artificial neural networks in tide forecasting, Ocean Engineering 29 (2002) 1003-1022.
- Liu, Jiao, Guoyou Shi, and Kaige Zhu, 2019. High-Precision Combined Tidal Forecasting Model, Algorithms, 12(65); doi:10.3390/a12030065.
- Li, Qiang, Bing-Dong Yang, Bi-Guang Hong, 2018. Calculation and measurement of tide height for the navigation of ship at high tide using artificial neural network, Polish Maritime Research, Special Issue, 25:99-110, 10.2478/pomr-2018-0118.
- Steidley, C., A. Sadowski, P. Tissot, R. Bachnak, Z. Bowles, 2005. Using an Artificial Neural Network to Improve Predictions of Water Levels Where Tide Charts Fail. In: Ali M., Esposito F. (eds) Innovations in Applied Artificial Intelligence. IEA/AIE 2005. Lecture Notes in Computer Science, vol 3533. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/11504894_83.

附件 I：GRB 登載結果(績效與佐證資料稽核)

指標群組	指標名稱	績效欄位名稱	單位	績效填寫值	佐證合計值	稽核結果	作業
A	論文	國內期刊論文	篇	2	2	相符	績效 佐證
		國外期刊論文	篇	3	3	相符	績效 佐證
		國內研討會論文	篇	0	0	相符	績效 佐證
		國際研討會論文	篇	0	0	相符	績效 佐證
		國內專書論文	篇	0	0	相符	績效 佐證
		國外專書論文	篇	0	0	相符	績效 佐證
		國內重要期刊論文	篇	0	0	相符	績效 佐證
		國外重要期刊論文	篇	3	3	相符	績效 佐證
B	合作團隊(計畫)養成	機構內跨領域合作團隊(計畫)數	個	0	0	相符	績效 佐證
		跨機構合作團隊(計畫)數	個	1	1	相符	績效 佐證
		跨國合作團隊(計畫)數	個	0	0	相符	績效 佐證
		形成研究中心數	個	0	0	相符	績效 佐證
		形成實驗室數	個	0	0	相符	績效 佐證
		簽訂合作協議數	個	0	0	相符	績效 佐證
C	培育及延攬人才	博士培育/訓人數	人	1	1	相符	績效 佐證
		碩士培育/訓人數	人	7	7	相符	績效 佐證
		學士培育/訓人數	人	0	0	相符	績效 佐證
		延攬科研人員數量	人	0	0	相符	績效 佐證
		國際學生/學者交換人數	人	0	0	相符	績效 佐證
		學程或課程培訓人數	人	0	0	相符	績效 佐證
		培育/訓後證照取得人數	人	0	0	相符	績效 佐證
D1	研究報告	研究報告數	本	2	2	相符	績效 佐證
I1	辦理技術活動	國內技術活動	場次	0	0	相符	績效 佐證
		競賽活動	場次	0	0	相符	績效 佐證

指標 群組	指標名稱	績效欄位名稱	單位	績效填寫值	佐證合計值	稽核結果	作業
		辦理技術說明會或推廣活動	場次	2	2	相符	<u>績效</u> <u>佐證</u>
		辦理其他技術活動	場次	0	0	相符	<u>績效</u> <u>佐證</u>
		國際技術活動	場次	0	0	相符	<u>績效</u> <u>佐證</u>