

114年西吉嶼自然資源調查計畫I

〔成果報告書〕

主辦單位：澎湖縣政府農漁局

承辦單位：國立澎湖科技大學

日　　期：中華民國114年11月

計畫基本相關資訊

壹、基本資訊

一、計畫名稱：114 年西吉嶼自然資源調查計畫Ⅰ

二、計畫案號：AF-114-13

三、委託機關：澎湖縣政府農漁局

四、執行機關：國立澎湖科技大學

貳、計畫內容

一、計畫期程：114 年 6 月 6 日至 114 年 11 月 21 日

二、計畫總經費：柒拾萬元整

三、計畫主持人：

姓名：呂政豪

職稱：副教授

單位名稱：國立澎湖科技大學 觀光休閒系

聯絡電話：06-926-4115 #5713

電子郵件：luch@gms.npu.edu.tw

四、共同或協同執行人：無

摘要

西吉嶼有一迫切的經管壓力是，近年來此地吸引大量遊樂船、遊客蜂擁而至，甚至誤闖共管機關的管制界線，為的是一睹「藍洞」風采，特別是中午時分當陽光光線從崩塌的岩體頂部缺口入射進洞內時，讓洞體呈現湛藍的色彩，更增添它的美學價值。古地名稱之為「灶籠」，其名意味著旺盛的海浪作用，又位處東北季風迎風面的助長下，讓海水水氣從洞體上溯揚起，彷彿沸騰蒸籠的水氣而得名。此古名透露藍洞(灶籠)是因旺盛的波浪作用，沿岩體弱面侵蝕、崩塌而成，然而此海蝕作用仍持續進行中，也讓洞體具有潛在的崩塌風險。因為它因侵蝕崩塌而生，最終也會因崩塌亡，這是海岸地景演育的必經過程。

因上述所提及的潛在崩塌風險，加上位處自然保留區和國家公園的特別景觀區，一般民眾未經申請不能進入。為了讓大眾能欣賞此地景獨特的美學和科學價值，研究團隊歷經多次失敗，克服險惡的海浪、潮流、人員安危、設備和禁航區等困難，且運用先進且精密的空載光達設備，終於完成**全台灣第一幅藍洞三維立體模型**，這個成果將可讓保留區界線更為明確，並做為監測崩塌風險的依據，這將有利經管工作的推動，並讓民眾真實體會澎湖玄武岩自然保留區的保育價值。

除此之外，研究團隊已於期限內完成履約標的工作事項，摘要如下：

一、 西吉嶼藍洞現有自然地景資源及經營管理威脅盤點，並已完成自然地景資源分布地圖。

二、 西吉嶼藍洞與周圍海岸區域高精度與高解析度之空間圖資建置

（一）陸域精密 GNSS 測量網建置：

運用高精度的 GNSS 定位技術，計畫團隊完成西吉嶼測區內

固定測量點位佈設，共佈設 4 個固定點，測量過程及誤差皆符合履約標的規範。

（二）數位空間圖資建置：

計畫團隊運用高精度 RTK-UAV 系統，完成西吉嶼藍洞及周遭海岸之測繪，並於內業處理時完成數值地表模型（Digital Surface Model , DSM）、正射影像及三維擬真模型之建置。

（三）潮位分布位置分析：

團隊運用本次計畫產出之高精度數值地表模型（DSM）進行高程分析，配合中央氣象署七美潮位站潮位資料進行潮位線萃取，完成平均低潮位線、平均潮位線、平均高潮位線之分析繪製。

三、　創意部份：西吉嶼高精度三維擬真模型動畫影片製作

目　錄

第一章 緒論 1

第一節 計畫緣起 1

第二節 工作項目 2

第三節 西吉嶼簡介 4

第二章 調查方法 7

第一節 調查方法 7

第二節 計畫執行進度 14

第三章 工作成果 17

第一節 建置西吉嶼藍洞周遭陸域精密 GNSS 測量網 17

第二節 數位空間圖資建置 23

第三節 西吉嶼藍洞周遭潮位線分布位置分析 32

第四節 西吉嶼藍洞現有特殊地景資源 37

第五節 經管壓力與建議 40

第四章 結論 45

參考文獻 47

附錄一 西吉 GNSS 測量成果表 49

附錄二 進入保護區核定公文 57

附錄三 無人機任務核定公文 61

圖 次

圖 1 本計畫的自然資源調查與空間圖資建置範圍 2
圖 2 澎湖南海玄武岩自然保留區位置圖 6
圖 3 西吉嶼的公告範圍圖 6
圖 4 即時動態定位無人機系統(RTK-UAS)的示意圖 8
圖 5 無人機專業操作證及換證測驗通過證明 8
圖 6 本計畫規劃運用無人機航測實施精密監測圖資範例圖 9
圖 7 澎湖自然地景精密監測實施流程圖 10
圖 8 使用 VRS-RTK 技術建置 GNSS 點位測量流程 18
圖 9 西吉藍洞周遭 GNSS 測量點位類型分布圖 19
圖 10 現地測量示意圖 20
圖 11 固定點位示意圖 20
圖 12 西吉嶼藍洞周遭 GNSS 點位測量精度圖 21
圖 13 西吉嶼藍洞周遭 GNSS 點位測量 PDOP 圖 22
圖 14 西吉嶼藍洞周遭航測相機拍攝位置及影像重疊率 25
圖 15 西吉嶼藍洞周遭地面控制點及檢核點位置與誤差 25
圖 16 西吉嶼藍洞周遭航測點位類型分布圖 26
圖 17 西吉嶼藍洞周遭正射影像 27
圖 18 西吉嶼藍洞周遭 DSM.....28
圖 19 西吉嶼藍洞洞口周遭局部正射影像 29

圖 20 西吉嶼藍洞洞口周遭局部 DSM.....29
圖 21 無人載具酬載測繪級光達針對藍洞洞內進行掃描作業 30
圖 22 計畫團隊建置之藍洞三維模型成果全景 31
圖 23 藍洞及周遭海岸三維模型成果 31
圖 24 藍洞及周遭海岸三維模型成果——藍洞洞口 31
圖 25 中央氣象署七美潮位站每月潮位統計圖.....34
圖 26 西吉嶼藍洞周遭海岸線潮位線分布位置圖.....35
圖 27 西吉嶼藍洞海岸潮位線分布位置.....36
圖 28 藍洞周圍海岸特殊地景分布圖 38
圖 29 藍洞周圍海岸與內陸區特殊地景照片 39
圖 30 藍洞洞口上方之天然橋岩體 43
圖 31 西吉嶼計畫區內經管壓力.....44

表　次

表 1 西吉嶼、東吉嶼自然保留區位置與面積 5
表 2 西吉嶼藍洞周遭 GNSS 點位測量成果表 21
表 3 西吉嶼藍洞周遭航測任務資訊 24
表 4 西吉嶼藍洞周遭控制點均方根(RMSE)誤差.....26
表 5 西吉嶼藍洞周遭檢核點均方根(RMSE)誤差.....26
表 6 中央氣象署七美潮位站每月潮位統計表（2017~2024）.....33
表 7 適用於西吉嶼藍洞之監測方法比較 42

第一章 緒論

第一節 計畫緣起

本縣所管轄的澎湖南海玄武岩自然保留區中，近年來有一個相當熱門的自然地景，每逢夏季多有大量的遊樂船蜂擁而至，這個景點即為位於西吉嶼西北側的「藍洞」，由於藍洞為一個海蝕洞穴，受長年強浪侵蝕下而形成此地景，因洞體後方的岩體上方發生崩塌，而形成一個類似開了天窗的海蝕洞穴，每逢中午光線入射洞內經海水折射與反射後，就會讓洞體呈現湛藍的顏色，也因此吸引許多遊客慕名而來。然而，因為此洞體為侵蝕崩塌而成，從現地觀察發現，藍洞洞內和外部多處的玄武岩體多呈懸空的狀態，如節理張力裂隙擴大均可能發生崩塌的潛勢。再加上遊樂船眾多，其船艇動力的造浪是否會加劇洞體的侵蝕，進而造成遊憩的潛在風險，這些問題都有待進一步執行地景監測來解答，其成果可，以做為災害預警、地景調查和主管機關的經營管理來參考。

經過去調查發現，南海玄武岩自然保留區(特別是西吉嶼和東吉嶼)多是由不同地號的個別土地組合而成，因此保留區的邊界大多是土地地號界線，而非明顯的天然地形、地物界線，若無明顯的人為界線輔助，不易釐清本自然保留區的範圍，容易造成民眾誤闖自然保留區的問題。故本計畫擬透過藍洞與外部岩體的三維模型建置，並可在數位三維模型上標示保留區範圍，以此做為後續宣導推廣之用，期待能改善上述非法進入藍洞的經管問題。

第二節 工作項目

依據本計畫之履約標的規定，應包含以下工作事項：

一、**盤點西吉嶼藍洞現有自然地景資源及經營管理威脅**，並製作藍洞周圍地區自然地景點分布地圖，圖 1 為調查範圍圖。

二、**建置西吉嶼藍洞與周圍海岸區域高精度與高解析度之空間圖資**，圖資應包含數位地表模型(Digital Surface model, DSM)、正射影像(Ortho-image)和三維擬真模型，其地元解析度和檢核點之均方根誤差需在 20 公分以內，座標系統應與台灣現行官方地圖相符，以利主管機關進行第三方圖資套疊、分析，因此圖資應採用橫麥卡托二度分帶(中央經線為 119)，大地基準為 TWD97，高度基準為海拔高(正高)，並挑選退潮時做為建置圖資的時間點。



圖 1 本計畫的自然資源調查與空間圖資建置範圍(紅框)，圖中黃色圖釘為藍洞所在位置 (資料來源:Google Earth 衛星影像)

三、創意部份：製作西吉嶼高精度三維擬真模型動畫影片

本自然保留區設立至今已近 15 年，受到旺盛的海水等自然侵蝕作用，已對保留區產生明顯的地形和環境變化，再加上過去受限測繪技術的限制，恐無法對保留區進行有效地精密監測，難以得知保留區的環境變化，以及對珍貴特殊地景的影響，這對保留區的經營管理將相當不利。

因此，本計畫的創意部分將西吉嶼高精度三維擬真模型，具體工作將以建置南海玄武岩自然保留區(西吉嶼)陸域精密GNSS測量網和三維重建。為建立高精度的數位圖資與島嶼的長期環境監測，須於在島嶼陸地區域佈設GNSS固定點位，除作為航拍所需的控制點，確保相關圖資的精確度外，也可作為長期地形監測與環境變化使用。

第三節 西吉嶼簡介

澎湖南海玄武岩自然保留區位於澎湖本島南方海域，頭巾、鐵砧、東吉嶼及西吉嶼等四島及周邊礁岩，可見圖 2，以民國 97 年本保留區的成立公告函顯示，圖 3 西吉嶼的範圍約在北緯 23°013’10” ～ 23°013’19”；東經 119°35’～119°36’的範圍內，相關公告的保留區範圍與面積可見表 1。

依據陳文山等人(2013)的地質調查指出，西吉嶼僅出露一層玄武岩熔岩，但至少有兩期的岩漿活動，噴發時間與東吉嶼相同，早期約 1200 萬年前，後期約 1000 萬年前。從崖壁出露的熔岩剖面可看出，熔岩厚度北側較厚，南側較薄，因此地形呈現北高南低。 北側海岸地形屬於侵蝕型的礁岩海岸，具海蝕崖、海蝕平台、海蝕溝、海蝕洞等地形。南側淺海中生長茂盛的珊瑚礁，暴風作用之下，在南側海岸堆積長達 800 公尺由珊瑚碎塊構成的礫石海灘，形成堆積型海岸。

本島最著名的景點為藍洞，位於西吉島的西北方，此景點為一海蝕洞穴，由於海蝕洞上方局部岩體崩塌，形成一中空的海蝕洞穴，當中午時分的陽光入射與水面反射及折射，形成夢幻的藍色洞穴。本保留區並為國家公園的特別景觀區。此外，在西吉西南角有一自然湧泉，在澎湖地區甚為罕見。

南海玄武岩自然保留區的中央主管機關為農業部，管理機關為澎湖縣政府。內政部於民國 103 年 5 月 28 日公告成立澎湖南方四島國家公園 (東吉嶼、西吉嶼、東嶼坪嶼、西嶼坪嶼、頭巾、鐵砧)，主管機關為內政部，管理機關為內政部國家公園署海洋國家公園管理處。經澎湖縣政府及內政部國家公園署海洋國家公園管理處協調後，民國 109 年 10 月 28 日澎湖縣政府公告委託內政部國家公園署海洋國家公園管理處管理本保留區。

表 1 西吉嶼、東吉嶼自然保留區位置與面積

島嶼	經緯度位置(WGS84)		面積(公頃)	土地筆數及範圍
	經度	緯度		
西吉嶼	119°35’ 42”～ 119°36’ 27”	23°13’ 10”～ 23°13’ 19”	39.997	西吉段 1、1-1、1-2、49、71 等五筆公有土地
東吉嶼	119°39’ 05”～ 119°39’ 52”	23°13’ 05”～ 23°14’ 13”	134.25	含東吉段 1 地號等 1405 筆公私有土地

資料來源:林業保育署

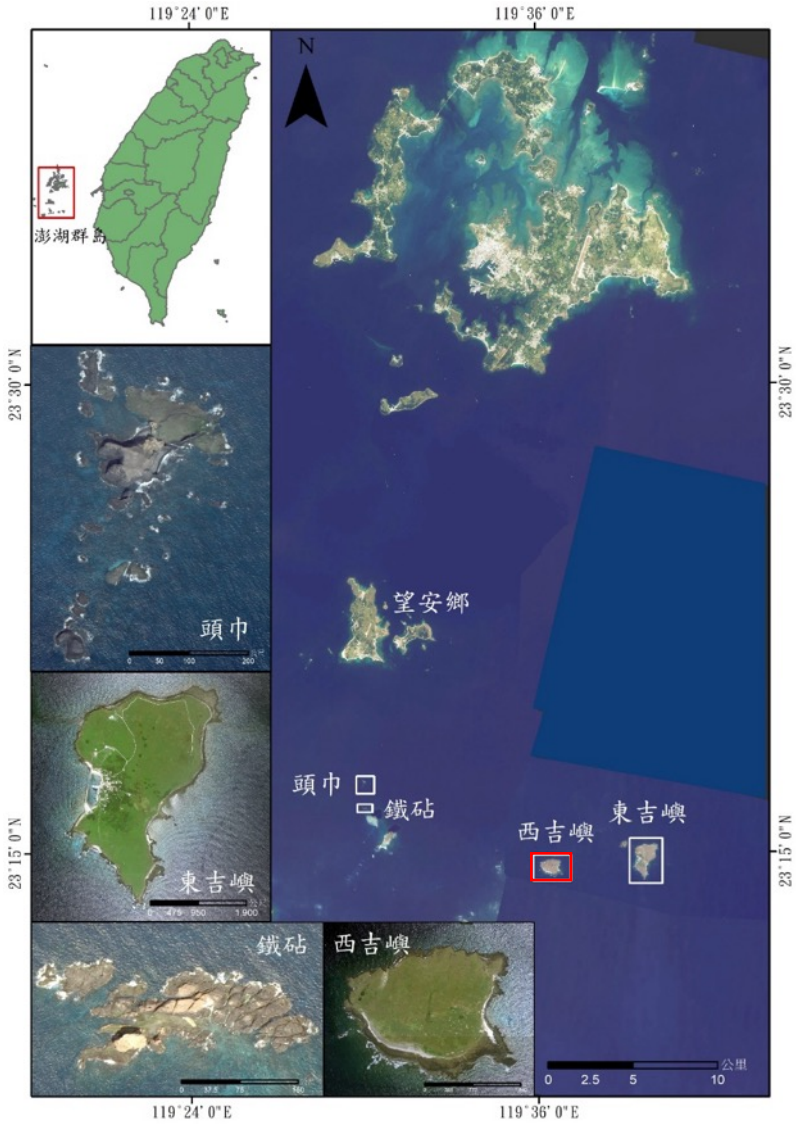


圖 2 澎湖南海玄武岩自然保留區位置圖(紅框為西吉嶼)

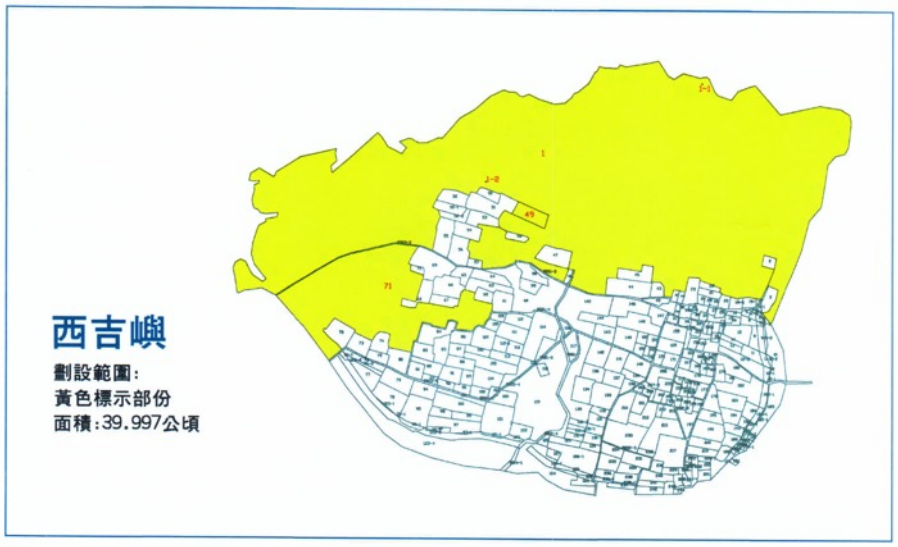


圖 3 西吉嶼的公告範圍圖 (資料來源:林業保育署，2009)

第二章 調查方法

第一節 調查方法

本計畫預計採用無人機攝影測量來實施計畫區域內的精密監測，特別的是本計畫將導入無人機即時動態定位系統又稱為RTK-UAS系統，可見圖 4，此系統最大優勢是僅需少量的地面控制點(Ground Control Points, GCPs)，透過運動回復結構(Structure from Motion ,SfM)的電腦視覺演算法，即可獲取高精度、公分級的數位圖資。這樣的應用已經被許多期刊驗證是可以有效運用於地質精密監測的技術(David et al., 2021; Javernick, Brasington, & Caruso, 2014; Lu & Chyi, 2020; Maier, Nascetti, van Pelt, & Rosqvist, 2022; Nota, Nijland, & de Haas, 2022; Sturdivant et al., 2017; Taddia, Corbau, Zambello, & Pellegrinelli, 2019; Xu et al., 2022)。特別是海岸邊坡的監測(Lucieer, Jong, & Turner, 2013; Westoby et al., 2018)。團隊成員也曾運用此技術來監測澎湖山水沙灘和大池玄武岩海崖的變化，並將相關成果投稿刊登於國際期刊(Lu and Chyi 2020; Lu et al. 2023)。

然而，由於藍洞內部的光線不足且與洞外環境光線反差過大，實施攝影測量恐有影像匹配的問題。因此，研究團對將導入無人機光達技術，透過無人機上酬載測量級的光達(Light Detection And Ranging, LiDAR)感測器，透過密集的雷射光束來對藍洞內外實施掃描，儀器會以每秒發射出 30 萬-100 萬發高密度的雷射光束，這些雷射光束接觸物體後會反射光源訊號，再被光達的感測器所接收，透過運算發射到反射的時間差就可以得知物體的距離，透過高密度掃描的特性，也就能精細掃描物體表面的紋理。此一技術的精度可達毫釐(mm)-公分(cm)的等級，透過一秒鐘發射出超過 30 萬雷射光束來掃描變動性高的自然地景。後續再透過點雲融合處理，將光達和攝影測量的成果合併，進而建置當地精密三維點雲和三維模型資料，預期成果和實施流程可

見圖 6、7。

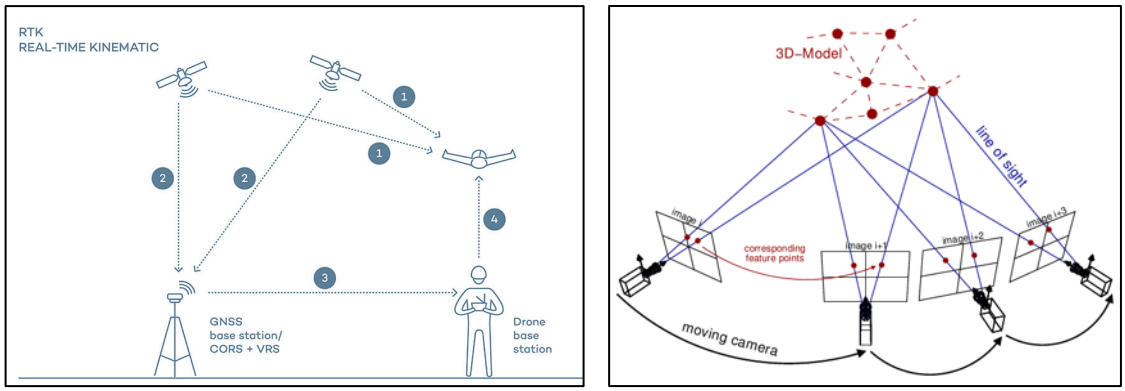


圖 4 左圖為即時動態定位無人機系統(RTK-UAS)的示意圖；右圖為運用運動回復結構法重建地表 3D 模型之示意圖(資料來源：https://wingtra.com/ppk-drones-vs-rtk-drones/；http://theia-sfm.org/sfm.html)



圖 5 無人機專業操作證及換證測驗通過證明

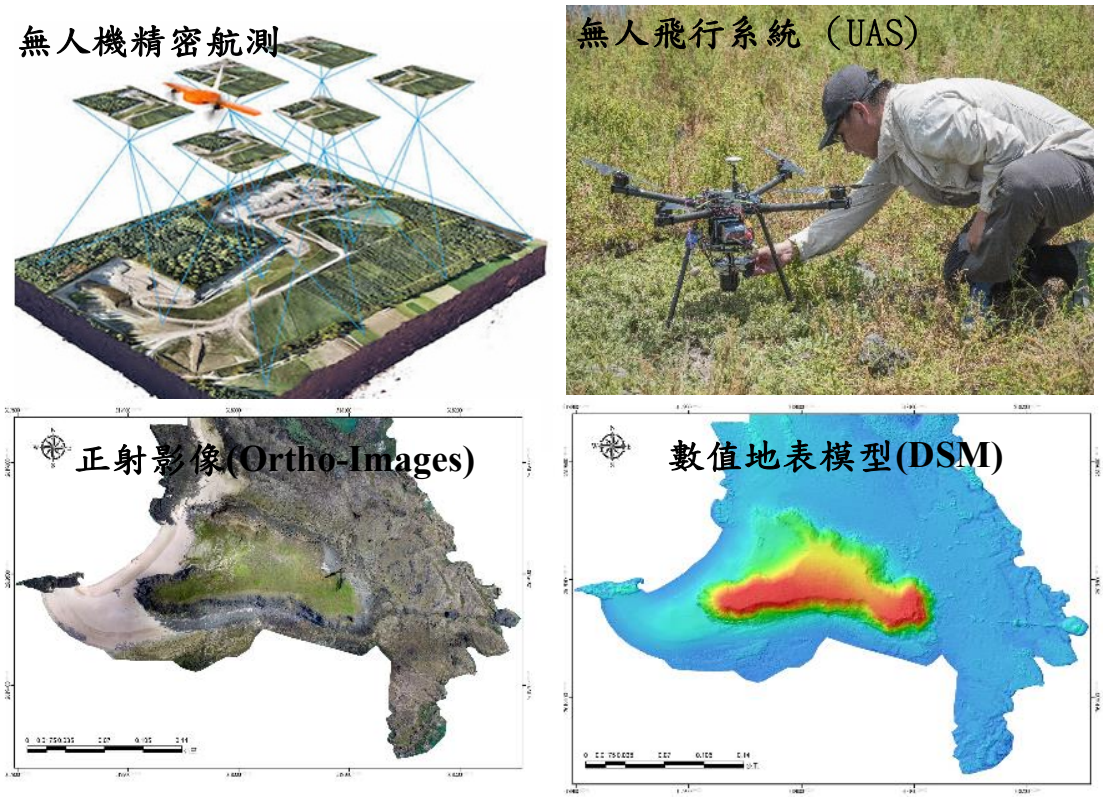


圖 6 本計畫規劃運用無人機航測實施精密監測的相關成果圖資範例圖

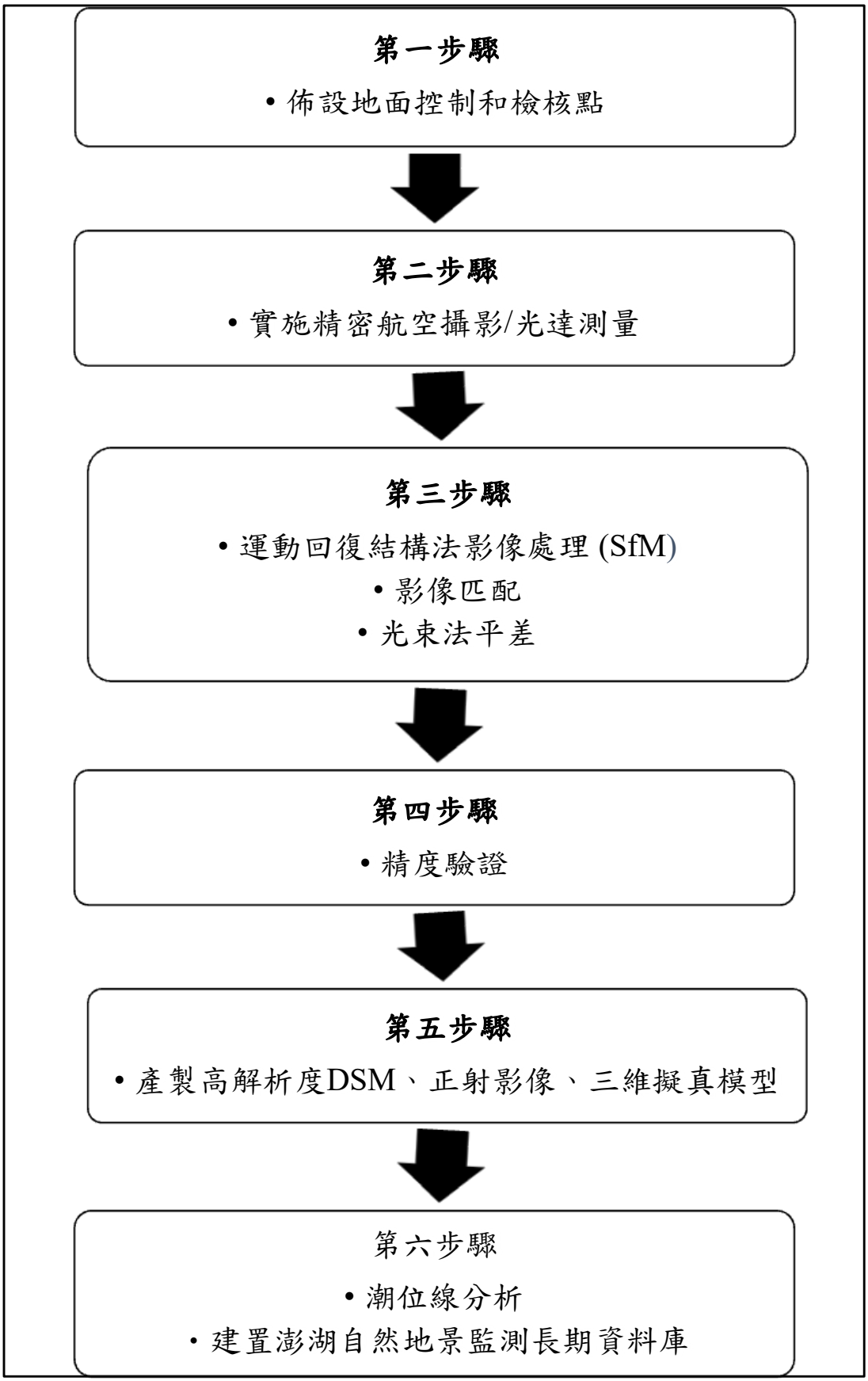


圖 7 澎湖自然地景精密監測實施流程圖

前述提及由於西吉嶼地形陡峭、不利佈設全區的地面點，本計畫將採用RTK/PPK-UAS和光達系統，此系統最大優勢不需要地面控制點或僅需少量控制點，但仍可獲取高精度的數位圖資，特別適合像西吉嶼這樣的面積廣大、地形陡峭、攀登風險高且不易佈設地面控制點的區域。我們將規劃高重疊率的航線規劃，從空中對地進行垂直攝像，無人飛行載具上另搭載空中GNSS和IMU儀器系統，獲取攝像時的照片空中姿態。並運用數位攝影測量技術將航攝照片，建置高精度、高解析度的數值地表模型(Digital Surface Model, DSM)、點雲資料與正射影像(Ortho-Image)，並使用量測型衛星定位系統(GNSS)於現地量測地面控制點與檢核點，檢定數值地表模型誤差，最終建立高精度的空間圖資。

為了建立長期且精密的地景監測，並作為航測圖資的精度檢核之用，本計畫將使用高精度的 Trimble R6 進行 RTK 測量。由於本次的點位主要作為圖資的檢核點用，因上述因素，本計畫預計在西吉嶼藍洞周圍地區至少佈設 4 個永久監測點。

本節之監測成果最終目標為建置公分級測量精度的數位圖資，圖資包含正射影像與數值地表模型，為俾利於將來監測比對之基準以及具有一定的測繪水準，本計畫將根據內政部所頒定之「一千分之一數值航測地形圖測製作業規定」進行測量。

一、內政部「一千分之一數值航測地形圖測製作業規定」

(一) 攝影方式

航測須採垂直連續攝影，攝影軸傾斜角小於 8 度，航偏角小於 10 度。航線間相鄰影像重疊率(左右重疊)為 30%，航線內相鄰影像重疊率(前後重疊) 數位式攝影機為 80%，實際影像重疊率不得低於以上規定之重疊率 10%。數位攝影機之地

面像素解析度（GSD）需小於或等於 10 公分。航線方向以南北或東西為原則，可視地形狀況斟酌決定，航線設計必須確保涵蓋整個測區範圍。

(二) 航標佈設

航測控制點之分布與佈設原則，應適合空中三角區域平差之要求，原則如下：

1.採用衛星定位測量（Global Navigation Satellite System，GNSS）輔助空中三角測量時，則可在測區四角各布設 1 組（2 個）全控制點，並於測區首尾（航線端處）布設橫貫測區（正交航線方向）之高程控制鍊，除測區左右側邊外，鍊上之高程控制點應位於航線重疊區內。

2.若採用GNSS及慣性測量元件（Inertial Measurement Unit；IMU）直接地理定位(direct geo-referencing)時，得省略高程控制鍊布設，僅於測區四角各布設 1 組（2 個）全控制點，惟檢核點部分仍需比照前項規定辦理。另外必須注意控制點高程為正高系統，而直接定位為幾何高者，必須使用內政部公告之大地起伏模式進行轉換，使空中三角測量之結果最終為正高系統。

3.空標設置地點之上空，對天頂四周應有 40 度以上之透空度，且需視空標點位之地面情形，選用耐久及與地面顏色足夠反差之材料，使其在影像上易於辨認量測。空標中心應與控制點位中心一致，最大偏心值不得大於 2 公分。

(三) 誤差評估

正射影像位於平坦地且表面無高差位移之明顯地物點，其

位置中誤差應小於 50 公分，最大誤差應小於 2 公尺。數值正射影像以彩色影像表示，並需進行無接縫鑲嵌(mosaic)及 調整全區影像之色調、亮度一致，整張正射影像的色調應均勻，其明亮度（ intensity, brightness ）的直方圖分布在 5~250 之範圍(全反射之地物不計入範圍)，影像的接邊處色調需一致，不應有人 眼可辨識之邊緣線。數值地形模型的高程中誤差之允許值，以 $\delta = a + b + c \cdot k$ 之線性公式訂定之。其中a為常數，b為地表坡度分級參數，c 為植被覆蓋密度分級係數，k 為植被平均高度。一般而言，a=0.3 公尺。作業規範中訂定 a＝0.3m，而 b、c 值，如附表所列，峭壁、斷崖、峽谷 處不列入精度等級。圖資的地元解析度與均方根誤差需在 20 公分以內，座標系統為橫麥卡托二度分帶(TWD97，中央經線為 119)，高度基準為海拔高(正高)，俾利未來實施地景監測使用 。

第二節 計畫執行進度

一、計畫執行進度規畫表

重要工作項目	工作比重%	預定進度	114年			
			4月	5-6月	7-9月	10-11月
1.盤點西吉嶼藍洞現有自然地景資源及經營管理威脅	50	工作量或內容	資料收集	資料收集	野外調查	資料整理、地圖繪製
		累積百分比	25	50	75	100
2.建置西吉嶼藍洞空間圖資	40	工作量或內容	測量工作規劃	外業測量	內業處理	報告撰寫
		累積百分比	25	50	75	100
3.創意回饋	10	工作量或內容	資料收集	內業處裡	影片動化製作	完成動畫製作
		累積百分比	25	50	75	100
總進度百分比	100		25	50	75	100

二、計畫執行規劃甘特圖

工作項目 \ 月份		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1	盤點西吉嶼藍洞現有自然地景資源及經營管理威脅									
2	建置西吉嶼藍洞空間圖資									
3	創意部分									
4	期初報告 (決標後翌日起 35 日內)		*							
5	期中報告 (工作計畫書核定後 90 曆天內，函送期中報告)					*				
6	期末報告 (期中報告審核後 90 曆天內，函送期末報告)								*	
7	成果繳交 (11/21 日前函送成果報告)								*	

第三章 工作成果

第一節 建置西吉嶼藍洞周遭陸域精密 GNSS 測量網

為利後續主管單位能夠進行第三方圖資套疊、分析。本計畫採用大地基準為 TWD97 之橫麥卡托二度分帶(中央經線為 119°)，高度則以正高(海拔高)為高程基準之座標系統。針對陡峭的地形及未來可能進行的長期地景監測，計畫運用高精度 Trimble R6 GNSS 設備，配合 VRS-RTK 技術於測區進行精密測量。

陸域精密 GNSS 測量網的建置流程可參照圖 8，說明如下：

一、固定點位佈設規劃：

固定點佈設的原則為在幾何和垂直高程均勻分布、且考量測量平差網型的幾何特性，並依據現地狀況進行點位的選擇，固定點位的實際設置，仍需考量點位是否產生位移的可能性，本計畫測量點之分布，可參照圖 9。

二、點位測量：

完成固定點位佈設後，使用 VRS-RTK 技術，以國土測繪中心提供之虛擬站作為基站，並使用 Trimble R6 作為移動站進行點位測量，測量方式可參照圖 10。此種測量方式可透過行動網路提供修正數據，在提供高精度量測的同時亦有著使用便利的優勢，測量成果與測量精度分別整理於表 2。此次紀錄除可作為航測攝影之控制點位，同時亦可作為後續長期監測及研究之基準，可與其他時期的資訊做比較，以數據來說明該地區的移動跡象。

參照圖 12 此次任務，測區內水平精度控制於 4 公分以內，垂直精度則控制於 7 公分內，符合精密測量的規範。而圖 13 則為各測量點的 PDOP。PDOP（Position Dilution of Precision, which is a measure of X, Y, Z position geometry）為衛星分佈的空間幾何強度因數；一般

衛星分佈越好時，PDOP 值越小。而 PDOP 同時又考量平面的 HDOP 和垂直分布的 VDOP。更精確的說，PDOP 主要歸因於衛星的幾何分佈，天空中衛星分佈程度越好，定位精度越高(數值越小精度越高)，此數值可做為精度的參考指標，但 GNSS 測量精度仍可能受到其他因素所影響，如透空度、電離層干擾等其他因素。此區佈設點位為永久固定點，未來監測時可繼續使用 。

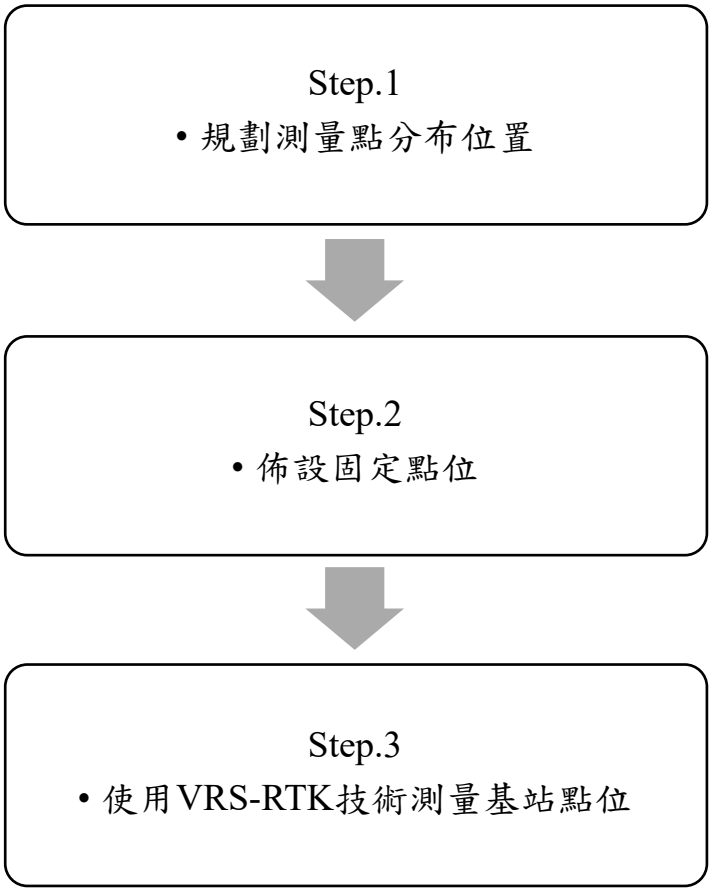


圖 8 使用 VRS-RTK 技術建置 GNSS 點位測量流程

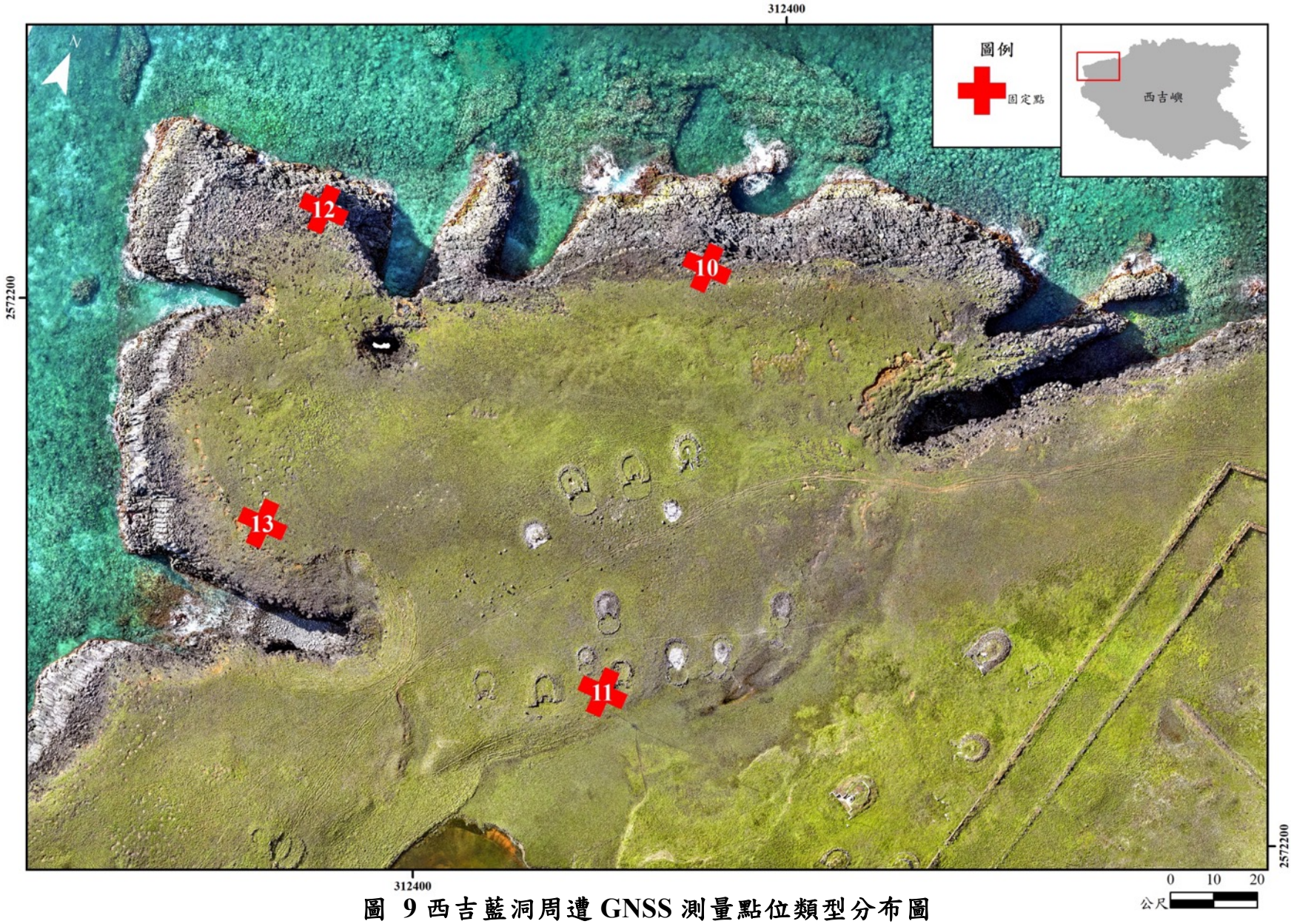


圖 9 西吉藍洞周遭 GNSS 測量點位類型分布圖



圖 10 現地測量示意圖。



圖 11 固定點位示意圖

表 2 西吉嶼藍洞周遭 GNSS 點位測量成果表

點名	測量方法	X	Y	Z	大地起伏	正高	水平精度 (cm)	垂直精度 (cm)	PDOP	類型
10	e-GNSS	2572269.772	312405.818	34.219	18.9	15.319	3.30	6.10	2	固定點
11	e-GNSS	2572170.487	312423.497	29.997	18.9	11.097	3.30	7.00	2.2	固定點
12	e-GNSS	2572246.365	312319.566	35.296	18.899	16.397	0.80	1.40	6.5	固定點
13	e-GNSS	2572174.346	312336.001	32.968	18.899	14.069	2.80	6.10	2.2	固定點

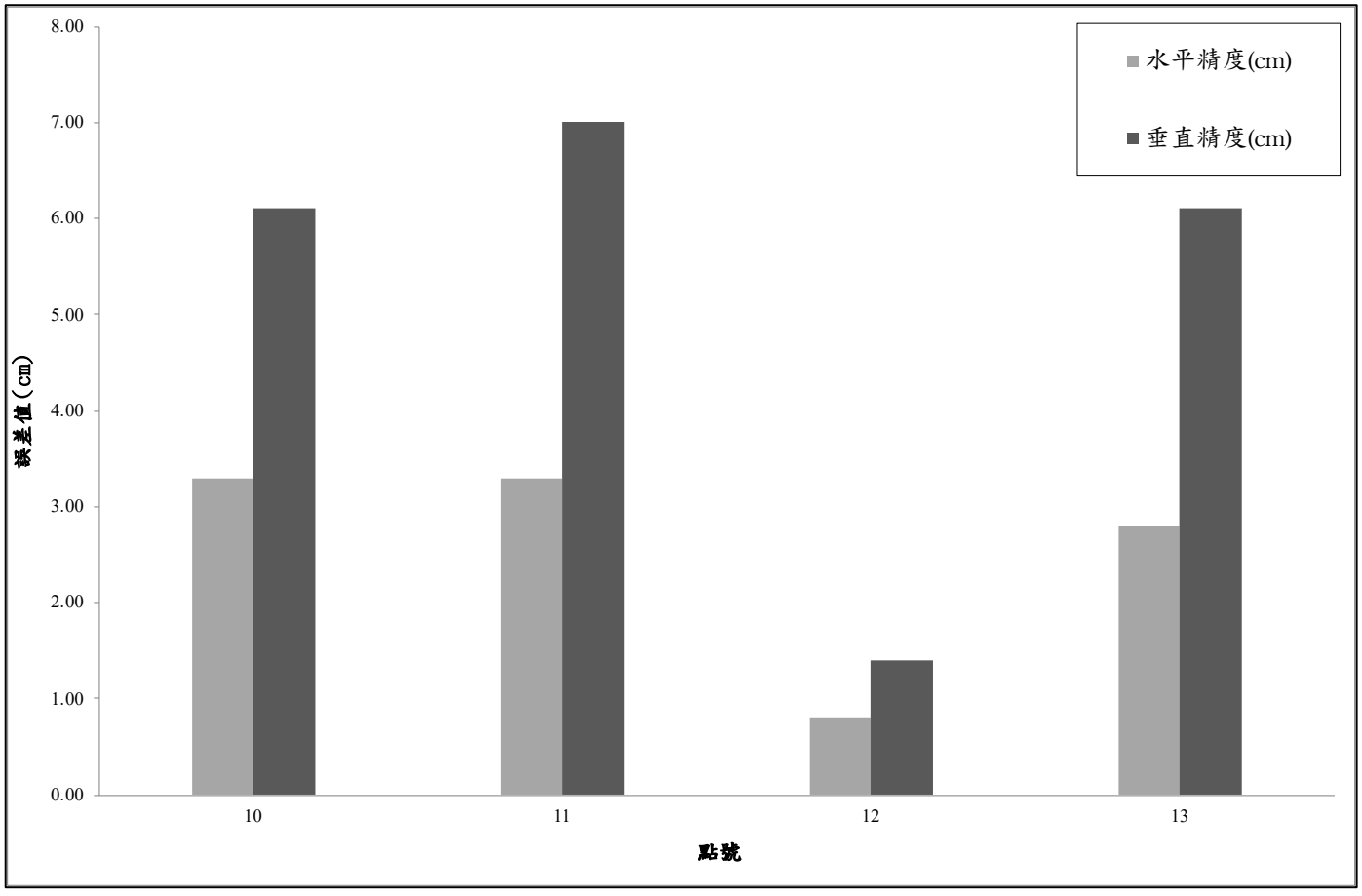


圖 12 西吉嶼藍洞周遭 GNSS 點位測量精度圖

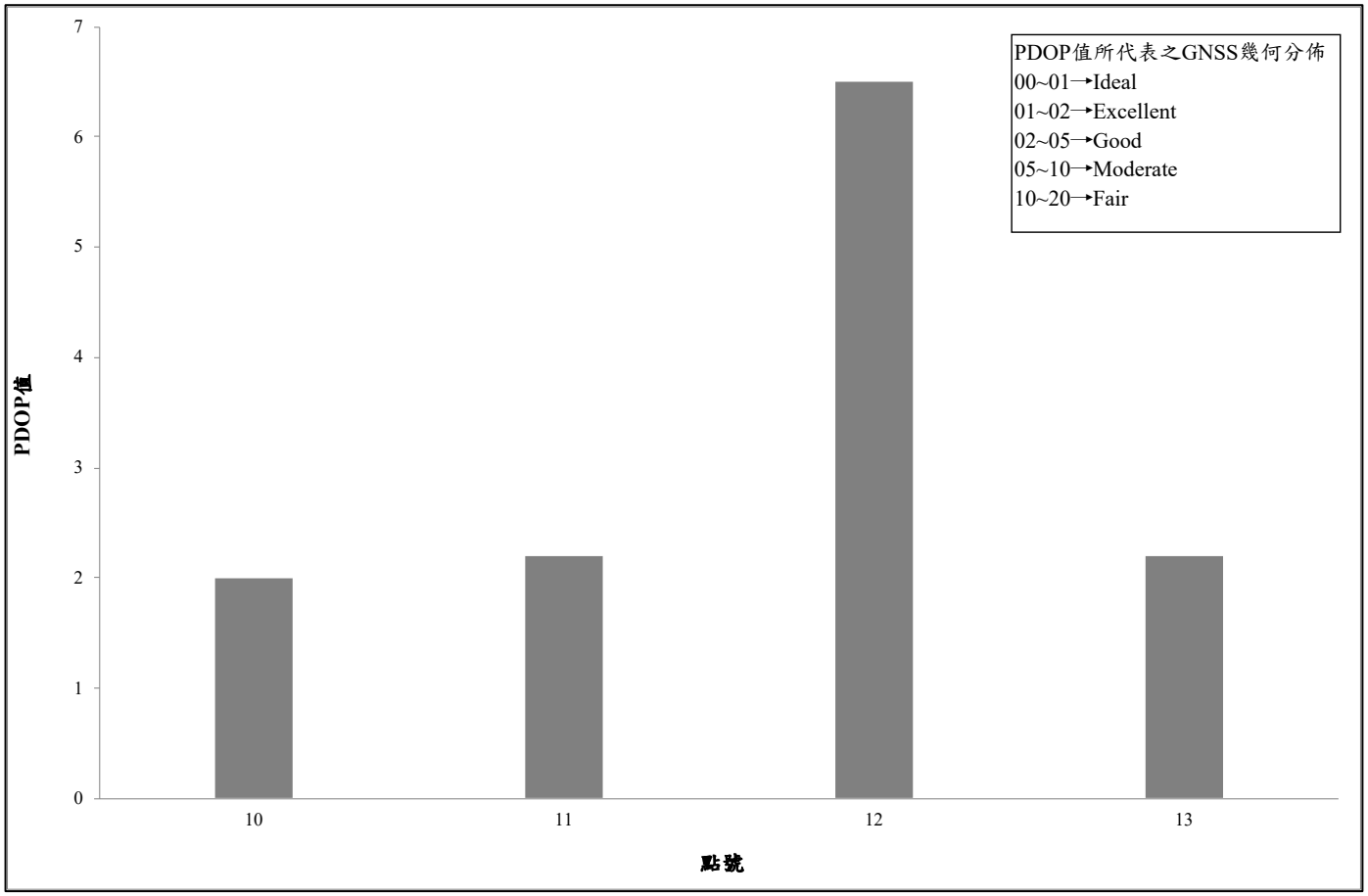


圖 13 西吉嶼藍洞周遭 GNSS 點位測量 PDOP 圖

第二節 數位空間圖資建置

為建置高精度數值空間圖資，本計畫使用近年來快速發展且具備高精度全球定位系統（Global Navigation Satellite System，GNSS）及配備慣性測量單元（Inertial Measurement Unit，IMU）儀器之無人飛行系統（Unmanned Aircraft System，UAS），配合經率定的數位相機，藉由高重疊率之航線規劃，自空中對地表進行拍攝，取得具備航行時拍攝姿態及經緯度位置之航空照片。

為增進航照影像定位精度，進行空中測繪時運用 RTK（Real-Time Kinematic）技術，透過陸地端 GNSS 基站即時傳輸座標改正訊號，給予擔任移動站之 UAV，確保每一張影像的三軸誤差能達到公分等級。使用具備姿態、位置之高重疊率航照影像，以及數位攝影測量技術，於內業處理時配合地面控制點（Ground Control Point，GCP），即能建置出高精度、高解析度之數值地表模型（Digital Surface Model，DSM）、點雲資料與正射影像（Ortho-Image），完成影像建置後，透過前一節針對點位之 GNSS 量測數據，於數位圖資中增設控制點（GCP）及檢核點（Check Point，CP）驗證數值地表模型誤差，有效達成符合履約標的規格之空間圖資建置。

取得航照影像後，首先需將影像輸入攝影測量軟體中，進行相片特徵點匹配、稀疏點雲生成等工作，透過分析相機姿態與拍攝影像，計算出相機拍攝時的移動軌跡、影像特徵點、相機感測器等資訊。接下來在軟體中點選空標的位置並輸入座標資訊，進行空中三角運算，其運算成果可用於評估測量精度，評估法是由控制點與檢核點之殘差量得知。當精度達一定水準時，可進而產製密集點雲與數值地表模型（Digital Surface Model，DSM）、正射影像（Ortho-Image）。將不同時期的數值地表模型輸入至 GIS（Geographic Information System，地理資訊系統） 軟體進行時空間分析，以獲得進行地景變遷監測分析結果。

計畫團隊於 114 年 8 月 8 日前往西吉嶼，以四軸旋翼機酬載量測型數位相機執行空中攝影測量之任務，由於地形原因，為確保圖資精度，本次航測任務，旁向重疊率規劃為 70%，縱向重疊率達 80%（圖 14），藉此獲取符合本計畫工作計畫書規劃之完整測區地表航照，表 3 為西吉嶼藍洞周遭航測任務之相關資訊。

計畫團隊將前一節所佈設之 10、11、13 號點設為控制點，並將 12 號點作為檢核點，參照圖 16，以此符合控制點需於測區內水平及高程均勻分布之原則。由表 4、表 5 及圖 15 可見，本次任務點位誤差均控制於 6 公分內，此外，控制點的均方根誤差（RMSE）控制在 9 公分以內而檢核點的均方根誤差控制在 9 公分左右，均能滿足內政部頒布航測標準規範。

確保圖資符合規範，則進行後續圖資產製，圖 17 為本次計畫產製之正射影像（Ortho-Image），本次產製之影像，其地元解析度（GSD）為 1.09cm/pix，代表畫面中 1 像素之距離，換算至現實為 1.09 公分。圖 18 則為高精度數值地表模型（DSM），可用於各項空間分析之圖資。

表 3 西吉嶼藍洞周遭航測任務資訊

資訊 / 日期	照片數量	航高（m）	地元解析度（cm/pix）	覆蓋範圍（km^2）	相機站數量	連結點數量	投影量	重投影誤差（pix）
20250808	2,597	33.9	1.09	0.102	2,584	1,449,851	7,282,164	0.711

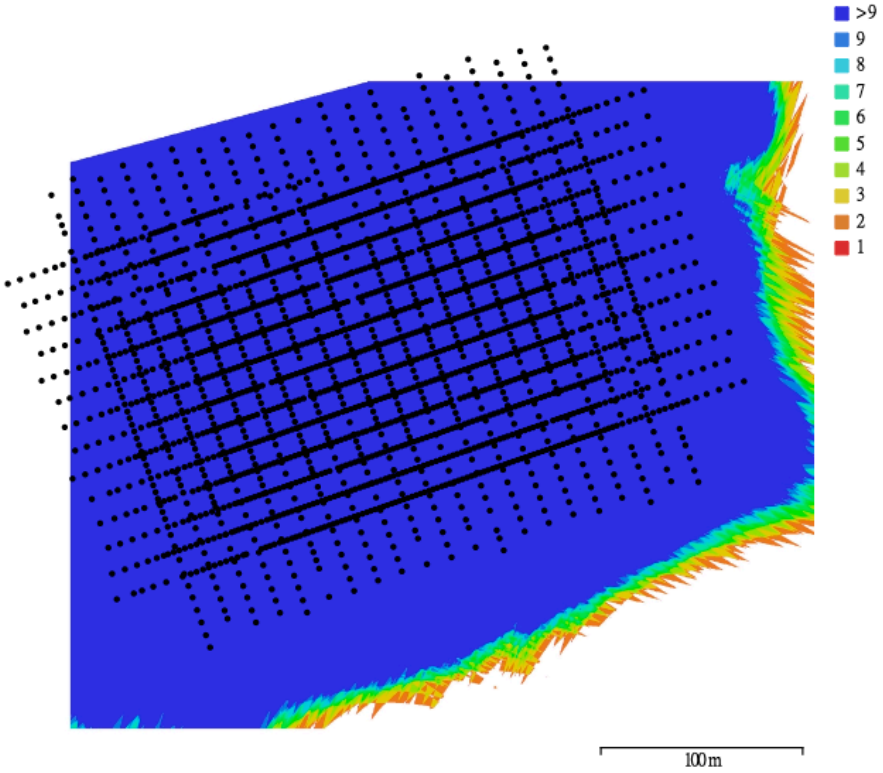


圖 14 西吉嶼藍洞周遭航測相機拍攝位置及影像重疊率。圖中黑點為航測任務中相機站位，彩色點雲為顯示該點雲影像重疊率，由此可見全區影像重疊率皆達 9 張以上。

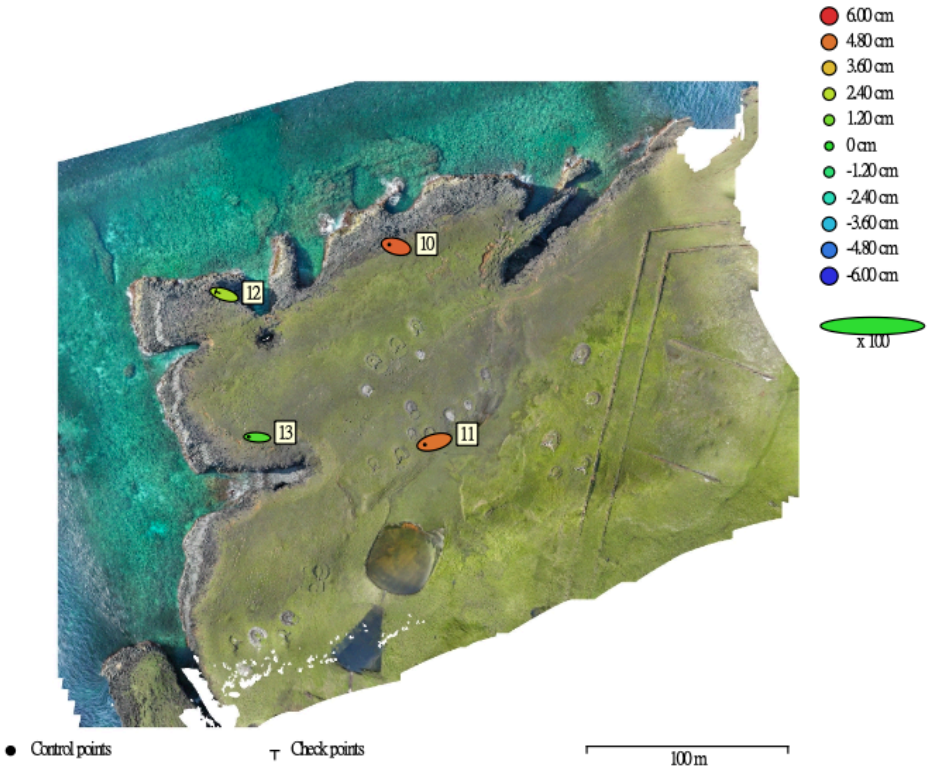


圖 15 西吉嶼藍洞周遭地面控制點及檢核點位置與誤差

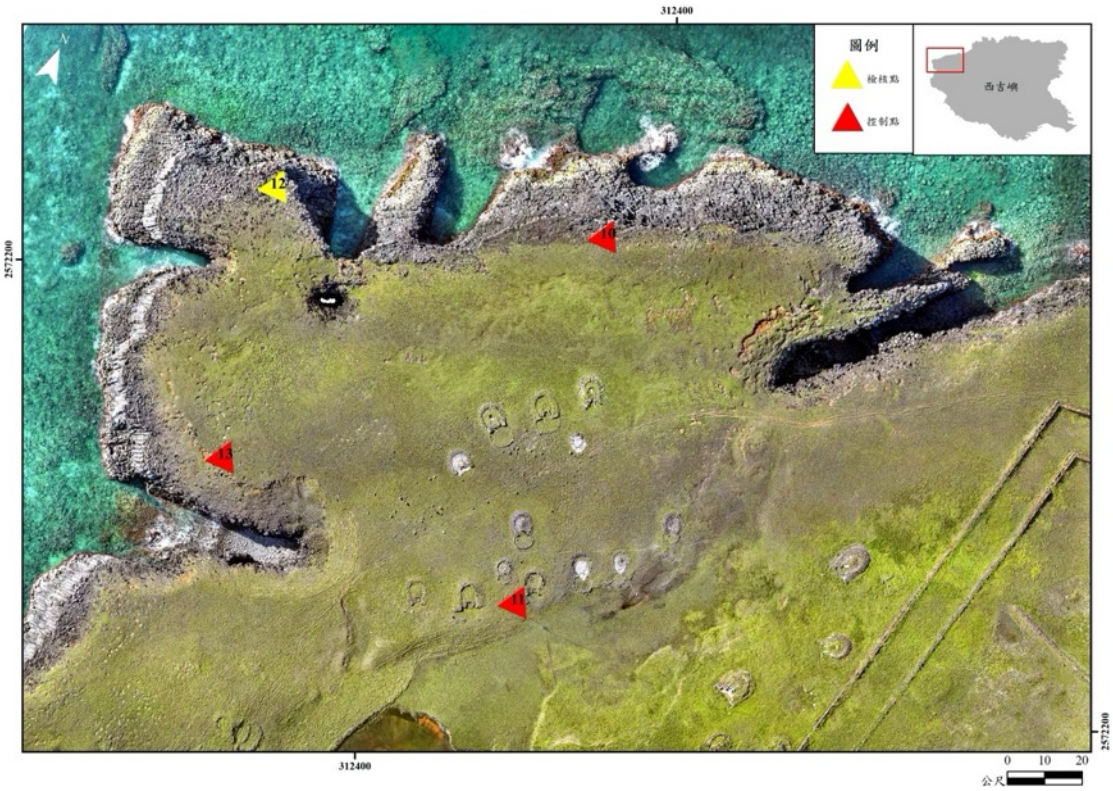


圖 16 西吉嶼藍洞周遭航測點位類型分布圖

表 4 西吉嶼藍洞周遭控制點均方根(RMSE)誤差

控制點數量	X 軸誤差（cm）	Y 軸誤差（cm）	Z 軸誤差（cm）	總誤差（cm）
3	8.3	1.86	4.09	8.5

表 5 西吉嶼藍洞周遭檢核點均方根(RMSE)誤差

檢核點數量	X 軸誤差（cm）	Y 軸誤差（cm）	Z 軸誤差（cm）	總誤差（cm）
1	8.45	2.75	8.89	9.12



圖 17 西吉嶼藍洞周遭正射影像

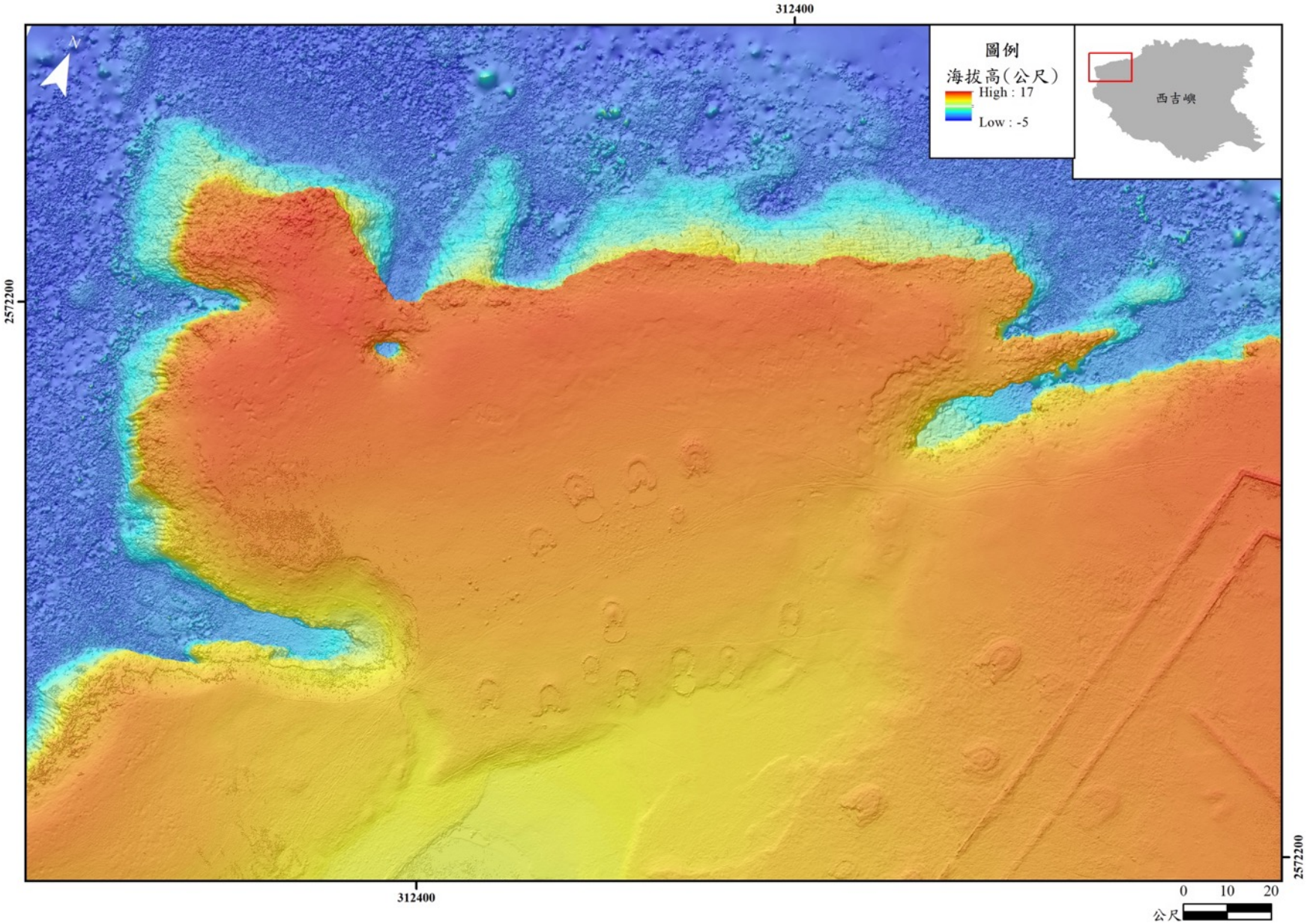


圖 18 西吉嶼藍洞周遭 DSM

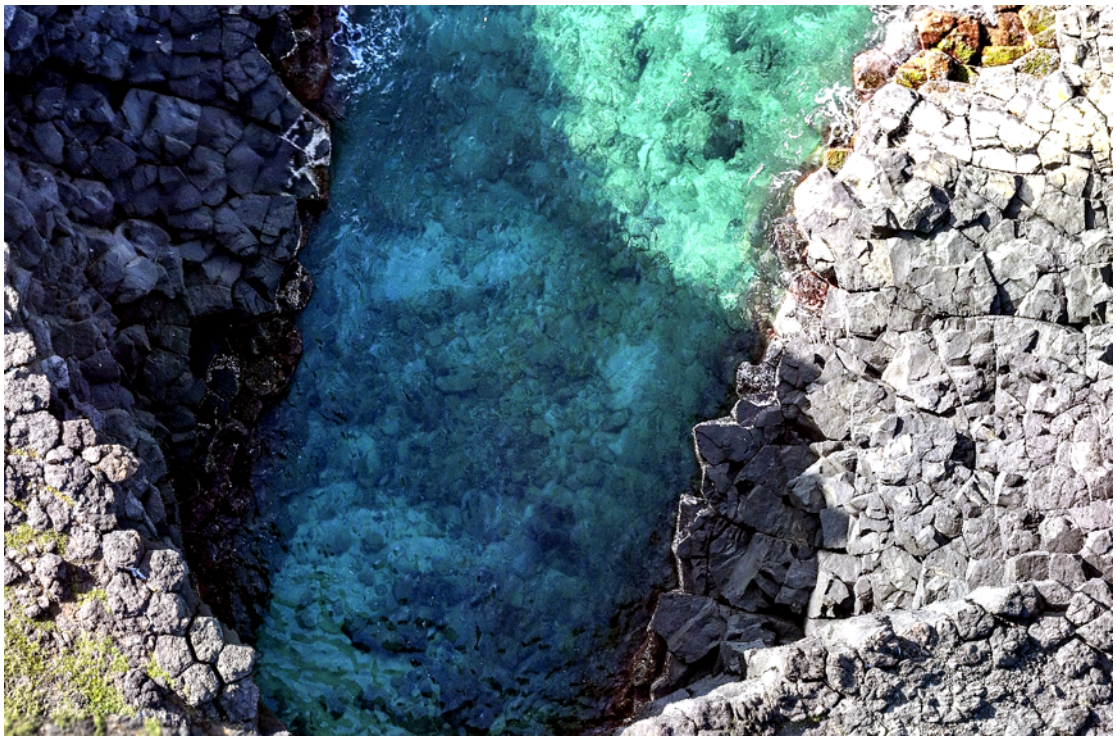


圖 19 西吉嶼藍洞洞口周遭局部正射影像。

本次產製之影像將藍洞周遭之玄武岩紋理與細節捕捉。

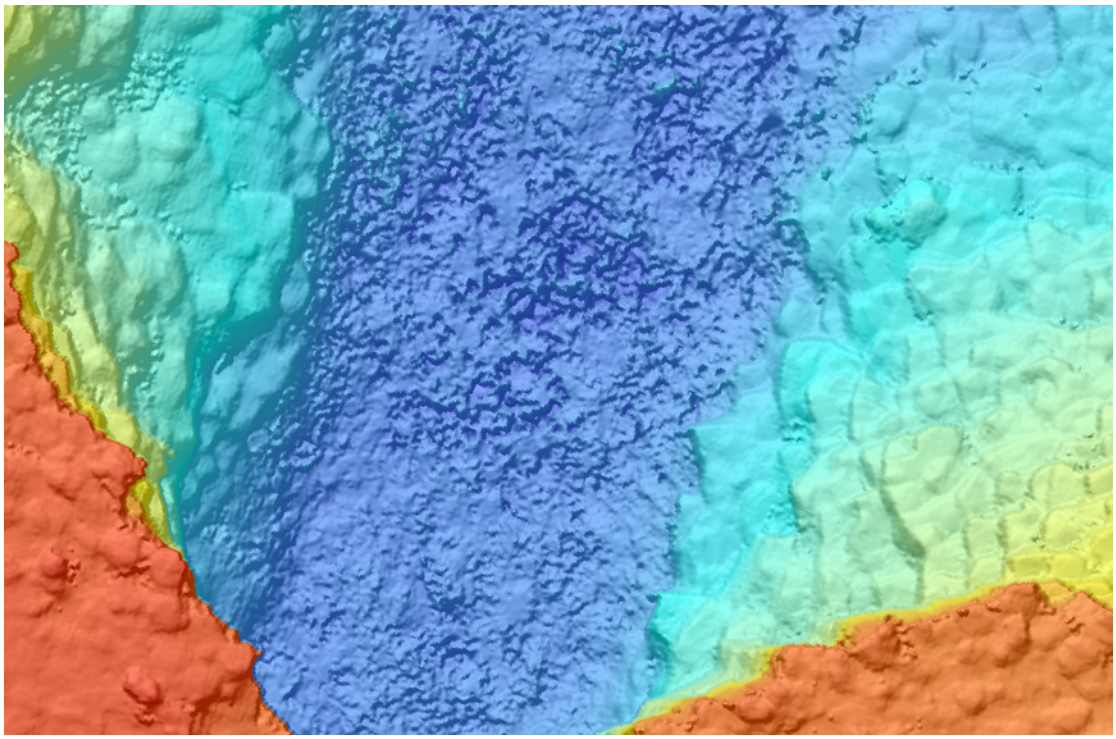


圖 20 西吉嶼藍洞洞口周遭局部 DSM。

可透過地表模型(DSM)直觀地看到藍洞周遭玄武岩在高度上的變化。

此外，計畫配合三維擬真模型建置，研究團隊同步使用大型四軸懸翼機酬載空載光達針對藍洞進行掃描作業。空載光達是一個時代尖端的 3D 掃描系統，透過無人機酬載光達雷射掃描系統(Light Detection And Ranging, LiDAR)，運用雷射測距的原理，透過每秒發出 30 萬發高頻率雷射脈衝，而地表面會反射這些雷射光束訊號，在由系統接受這些反射訊號與時間差（△T），進一步求解地表物體的距離（R），即可達成雷射測距的目的，公式為 R=C 可△T / 2。其中 C 為光速；△T / 2 是由於雷射光往返行進兩倍的距離，因此除以 2 即為雷射光發射後到接觸地表物體的時間(李崇誠等人，2020)。

由於空載系統配備高精度的 RTK GNSS 和 IMU，及新一代的「全波形空載光達（full-waveform airborne LiDAR）」，藉由設備定位、姿態等資訊，經演算處理將地表物體的反射訊號變成具絕對座標的三維點雲，後續可透過這些三維點雲進行建模並監測岩體變化。研究團隊建模成果可參照圖 22~24，後續亦使用此建模成果進行影片錄製，並提供給主管機關使用。



圖 21 研究團隊使用無人載具酬載測繪級空載光達針對西吉嶼藍洞洞內進行掃描作業。紅框處為執行任任務中之無人載具。

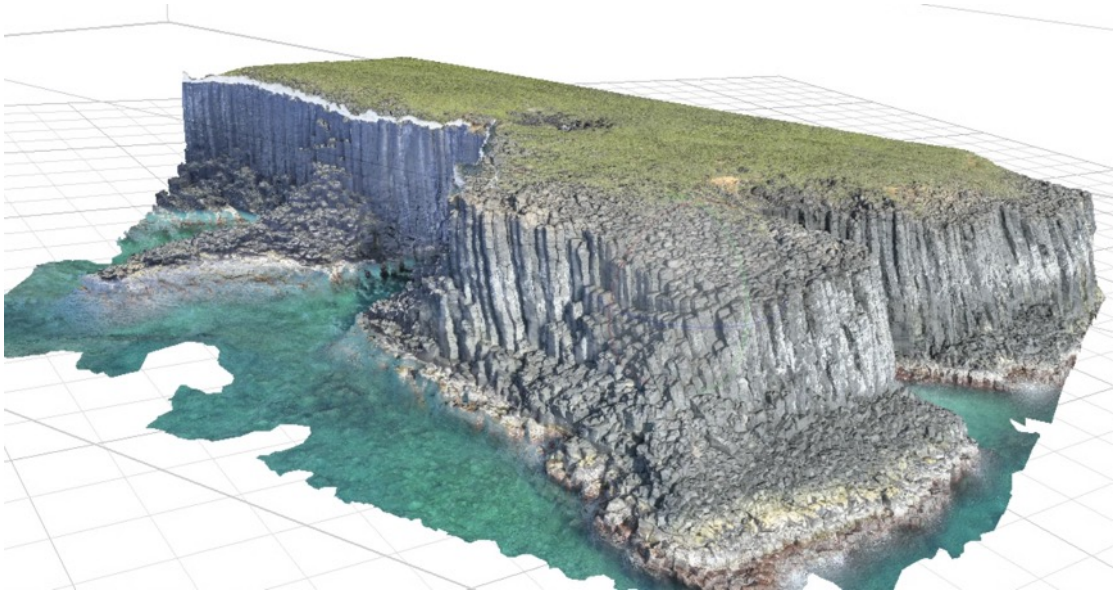


圖 22 計畫團隊建置之藍洞三維模型成果全景

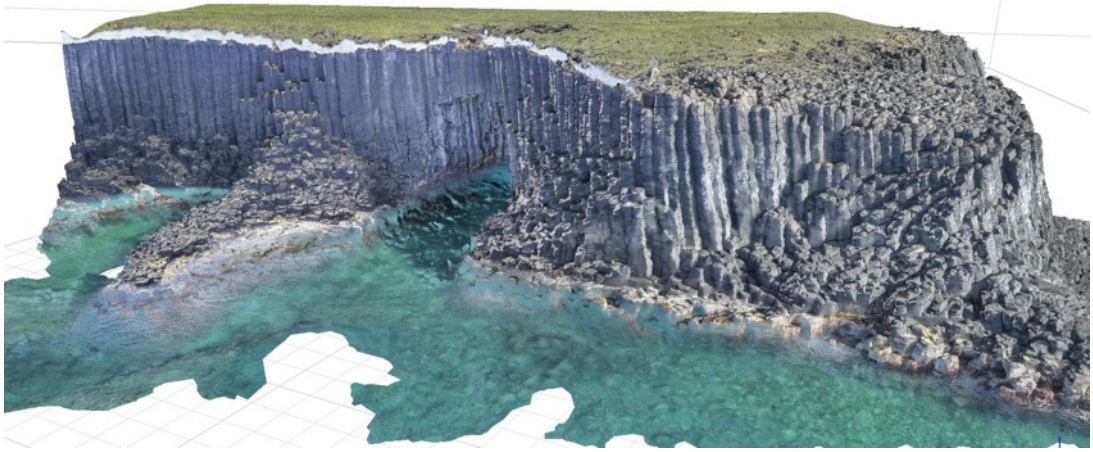


圖 23 藍洞及周遭海岸三維模型成果



圖 24 藍洞及周遭海岸三維模型成果——藍洞洞口。從影像中可見研究團隊不只完成藍洞外部地形建置，連內部細節皆完成還原，團隊建模之品質由此可見一斑。

第三節 西吉嶼藍洞周遭潮位線分布位置分析

本計畫所產製的潮位線圖資，可提供後續管理單位釐清地景在不同潮位的空間範圍，並且以此自然界線為框架，配合重要地景資源分布，作為後續劃設海側邊界的參考。

潮位線圖資的產製主要運用地理資訊系統（Geographic Information System , GIS），及利用精密航測所產生的高精度數值地表模型（DSM），進行不同時間潮位的潮位線萃取，最後套疊至正射影像上。計畫團隊選用距離本計畫測區較為相近，中央氣象署於澎湖七美鄉七美嶼南滬港設置之潮位站，能準確反映當地潮位狀態。團隊統計 2017 年至 2024 年共 7 年之潮位資料（表 6、圖 25），七美潮位站平均潮位為 0.09 公尺、平均高潮位為 0.744 公尺、平均低潮位為-0.638 公尺，團隊運用以上數據，於數值地表模型上面萃取出潮位線。

圖 26 及圖 27 為團隊利用前一節所產製的圖資，並結合交通部中央氣象署七美潮位站資料，以數值地表模型所萃取出平均高潮位線、平均潮位線和平均低潮位線，套疊至正射影像之成果，比對潮位線、正射影像及現地情形，潮位線可真實反應測區之實際潮位狀況。

由計畫團隊產製之潮位線圖資，顯示由於藍洞周遭海岸線地形陡峭，不同高低的潮位線分布位置較為貼近，不同潮位時空間範圍變化較小。

表 6 中央氣象署七美潮位站每月潮位統計表（2017~2024）

（單位：公尺）

月份	最高高潮位 暴潮位	最高天文潮	平均高潮位	平均潮位	平均低潮位	最低天文潮	最低低潮位
1	1.092	0.938	0.724	0.015	-0.721	-1.102	-1.142
2	1.010	0.961	0.669	0.039	-0.693	-1.072	-1.082
3	0.970	0.963	0.660	0.020	-0.676	-0.948	-1.062
4	0.866	0.912	0.650	0.045	-0.659	-0.948	-1.015
5	0.932	0.863	0.687	0.059	-0.642	-0.965	-1.142
6	1.233	0.954	0.771	0.116	-0.603	-0.992	-1.058
7	1.394	1.009	0.815	0.156	-0.626	-0.966	-1.131
8	1.088	1.074	0.793	0.143	-0.596	-0.897	-0.910
9	1.167	1.098	0.866	0.185	-0.490	-0.762	-0.811
10	1.298	1.043	0.858	0.180	-0.493	-0.843	-0.859
11	1.059	0.980	0.753	0.097	-0.604	-0.970	-1.081
12	1.082	0.935	0.743	0.054	-0.701	-1.090	-1.160
全年	1.394	1.098	**0.744**	**0.090**	**-0.638**	-1.102	-1.160

資料來源：交通部中央氣象署（2025）

https://www.cwa.gov.tw/V8/C/C/MMC_STAT/sta_tide.html

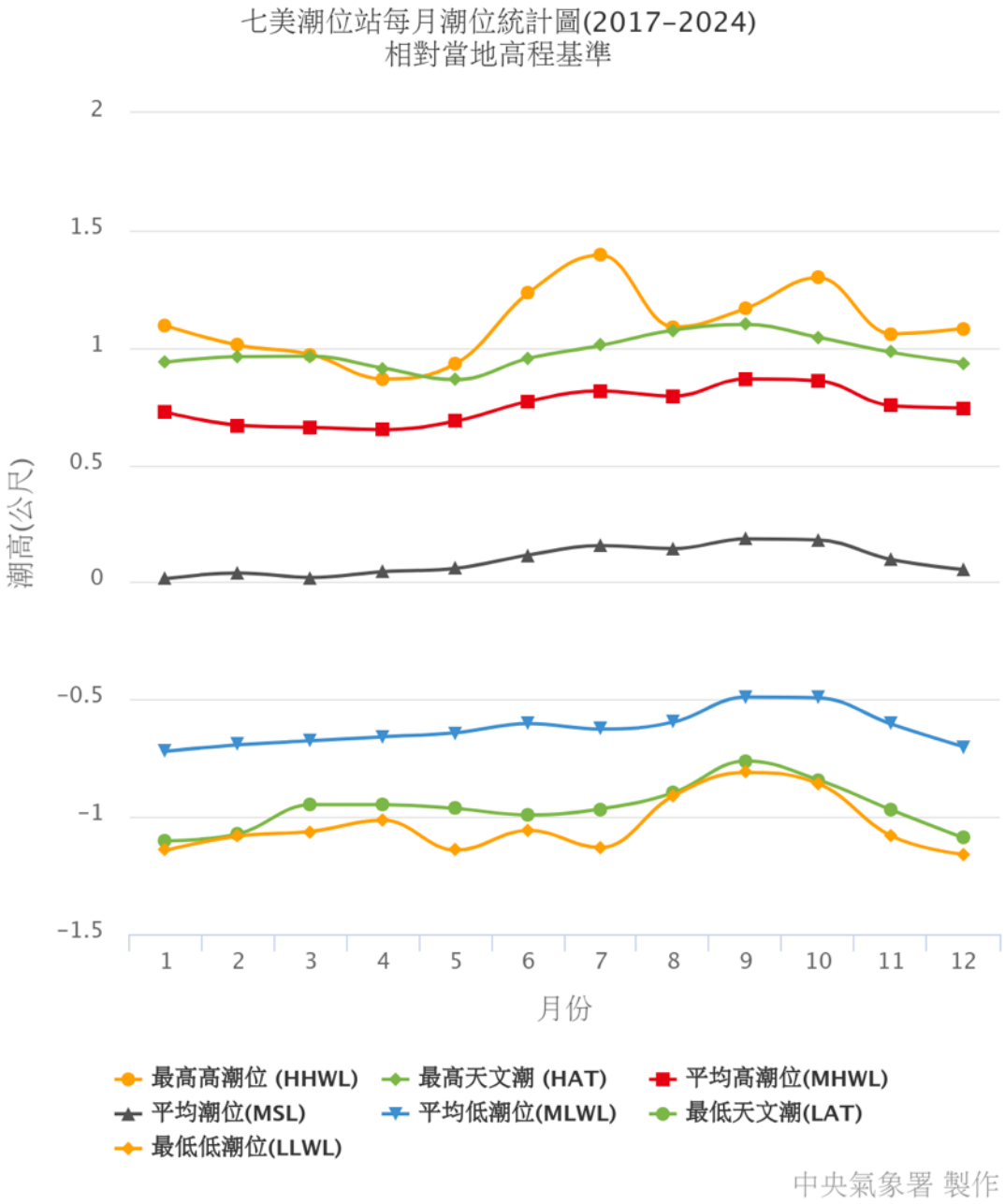


圖 25 中央氣象署七美潮位站每月潮位統計圖（2017~2024）

資料來源：交通部中央氣象署（2025）

https://www.cwa.gov.tw/V8/C/C/MMC_STAT/sta_tide.html

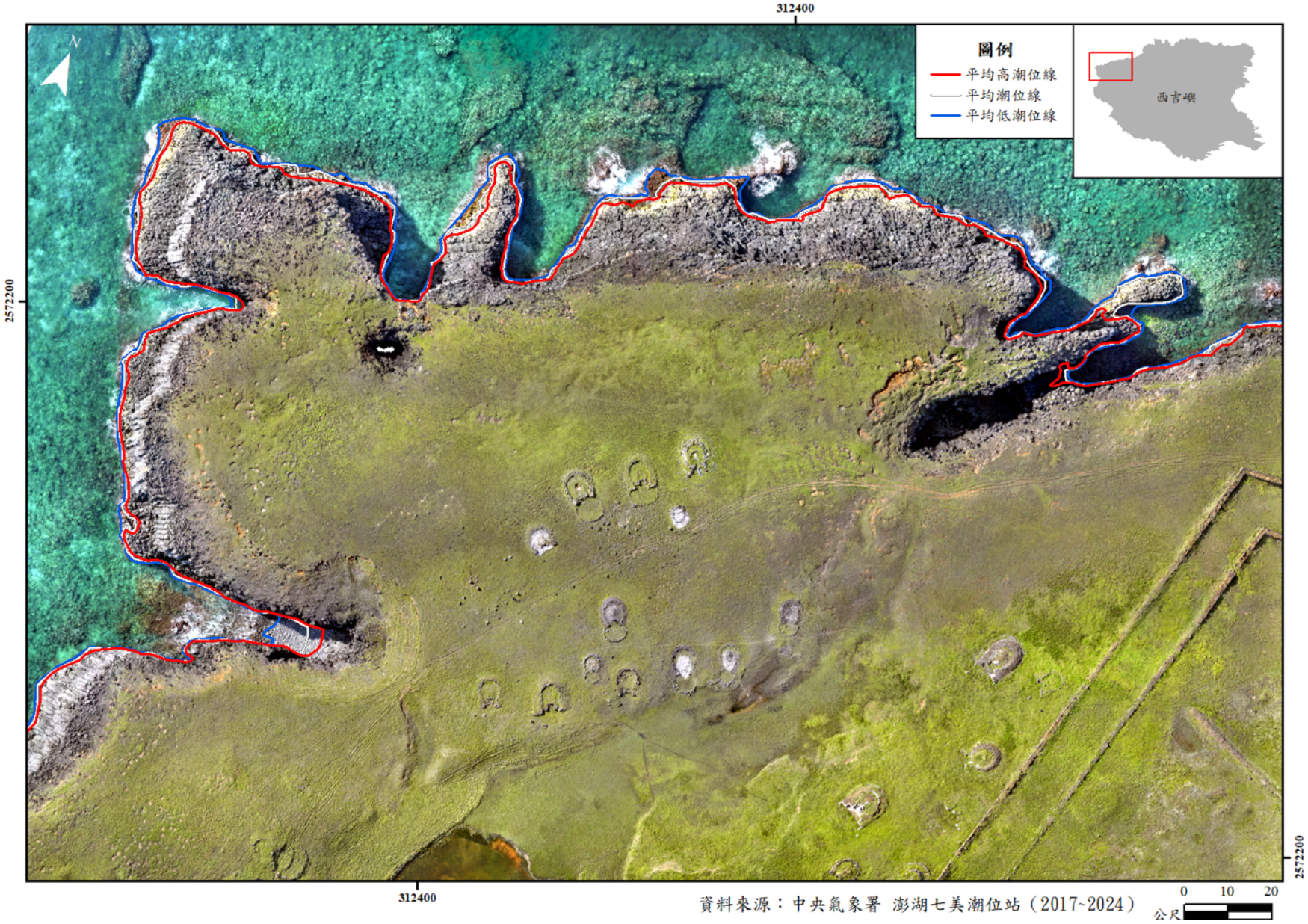
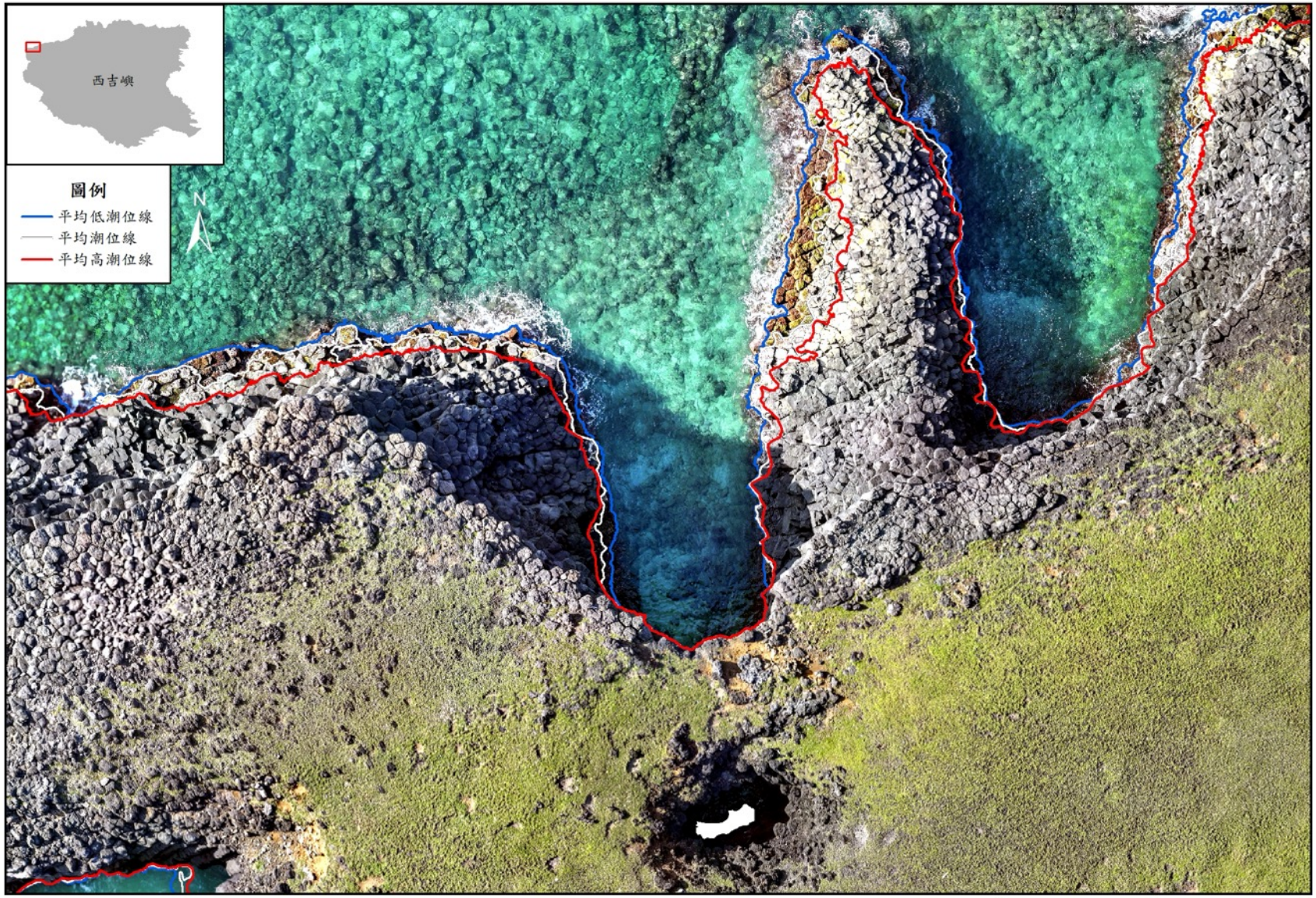


圖 26 西吉嶼藍洞周遭海岸線潮位線分布位置圖



資料來源：中央氣象署 澎湖七美潮位站（2017~2024）

圖 27 西吉嶼藍洞海岸潮位線分布位置

第四節 西吉嶼藍洞現有特殊地景資源

經野外調查，在研究區的海岸有四處較具特色的自然地景，分別為藍洞、西北直立狀玄武岩海岸、新娘房和東側的海蝕溝，其位置與實景照片可見圖 28 和圖 29。其中以藍洞最具知名度，夏季中午時常可吸引大量遊樂船，觀賞湛藍的藍色洞穴，當地人俗稱「灶籠」，此地名的由來是因為東北季風暴浪在藍洞內拍打下，水氣沿洞穴上湧，如同蒸籠的蒸氣般，故而得名。此景點位於西吉嶼的西北側海岸，在旺盛的海蝕作用下，形成一海蝕洞穴，由於海蝕洞上方局部岩體崩塌，形成一中空的海蝕洞穴，當中午時分的入射陽光與水面反射和折射，形成湛藍的玄武岩洞穴，此地景屬南海玄武岩自然保留區境內，亦為南方四島國家公園的特別景觀區。此地有一經營管理的問題與壓力，肇因於遊樂船眾多且界線不明，造成許多遊樂船和遊客會有誤闖保留區的問題。又此景點分屬兩個機關在管轄，澎湖縣政府管理南海玄武岩自然保留區；海洋國家公園管理處則管理此地的特殊景觀區，而兩者所劃設的管制界線並不相同，自然保留區的界線為藍洞內側的地籍界線；海管處的管制界線則為藍洞外側兩側礁石的連線，所援用的法令亦不同，而有管理權不明之問題。未來應進一步檢討自然保留區之範圍，並協調兩機關的共管機制，方可使管理更為明確且一致。

西吉嶼在民國 67 年遷村之後，現已成為無人島。島上還有兩處人工建築物，一是位在西北角灶籠的人工水塘「有福池」，另一是建於煙屯山頂上的太陽能發電燈塔。島嶼地形呈現北高南低，所以聚落集中在較低平的東南側，可以避開強勁的東北季風吹襲；北側較高地勢，平台上有一系列由玄武岩石塊堆砌的防風牆，圍成長方型石牆，據學者考證，此應為日治時代的防禦措施，又稱「風林」，而非農用的「菜宅」或「圍仔」。在此地調查發現，本島有許多極具歷史意義的人文文化資產，除了聚落住宅建築物之外，與宗教及風水

有關的較特殊建築物，有創建於同治 12 年(西元 1873 年)的西吉宮，建於民國 40 年的安全寶塔，與之後的彎墩頭塔與沙溝塔。此外，南海岸的砂港仔海岸有建於民國 45 年的麒麟塔，為了弔祭當時在附近海域的海難人員。這些寶塔除了弔祭與祈福，主要目的是為了風水地理上的鎮壓煞氣(陳文山等人，2013)。特別是西吉宮，可見許多精緻的廟宇雕刻和遺跡，然而因年久失修，將近倒塌，建議可盡速採取數位掃描的技術進行數位典藏，以保護這個即將消失的重要文化資產。

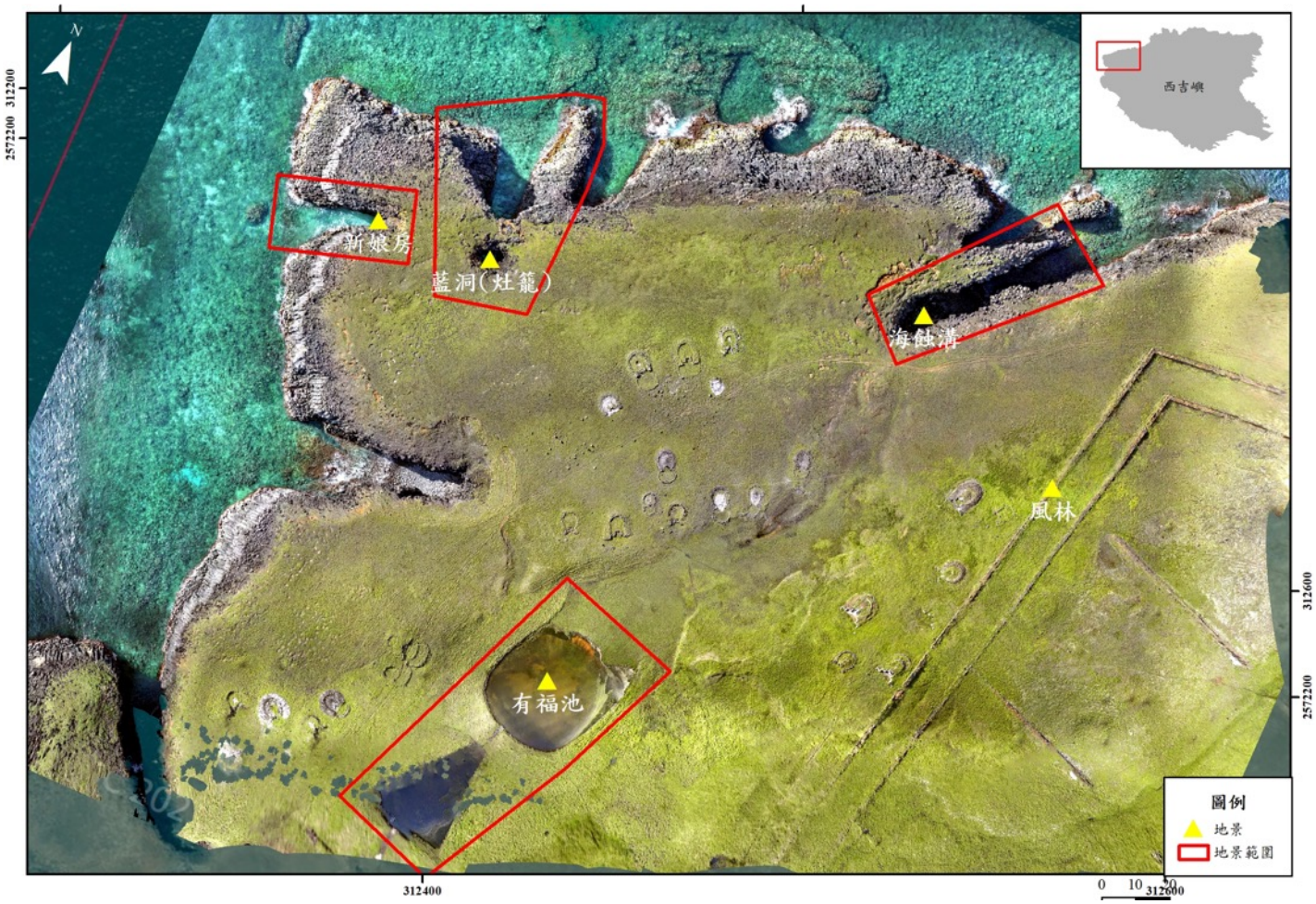


圖 28 藍洞周圍海岸特殊地景分布圖













圖 29 藍洞周圍海岸與內陸區特殊地景照片，其中可見西吉宮搖搖欲墜，建議盡速採取三維掃描等技術，透過數位保存記錄這個重要但即將消失的文化資產

第五節 經管壓力與建議

西吉嶼的計畫區域有兩個迫切的經管壓力分別是，近年來此地吸引大量遊樂船、遊客蜂擁而至，甚至誤闖共管機關的管制界線，為的是一睹「藍洞」風采，特別是中午時分當陽光光線從崩塌的岩體頂部缺口入射進洞內時，讓洞體呈現湛藍的色彩，更增添它的美學價值。古地名稱之為「灶籠」，其名意味著旺盛的海浪作用，又位處東北季風迎風面的助長下，讓海水水氣從洞體上溯揚起，彷彿沸騰蒸籠的水氣而得名。此古名透露藍洞(灶籠)是因旺盛的波浪作用，沿岩體弱面侵蝕、崩塌而成，然而此海蝕作用仍持續進行中，也讓洞體具有潛在的崩塌風險。因為它因侵蝕崩塌而生，最終也會因崩塌亡，這是海岸地景演育的必經過程。

經本計畫調查發現，洞口上方懸空的天然橋岩體，以及洞內可見懸空且節理間距大之不穩定岩體，見圖 30，又上述所提的海岸地景演育趨勢，建議應加強監測，以了解藍洞的崩塌潛勢和洞體的穩定性。特別是在今年計畫中，已成功建立藍洞監測的操作流程和高精度的監測基準，建議未來三年內應再次運用非接觸式，但高精度的無人機航測(公分級精度)或光達掃描(公厘級精度)為主要監測工具進行監測(表 7)，透過不同時序的三維點雲分析，能夠偵測其崩塌潛勢和不穩定的柱體，以提升民眾和遊樂船參訪的遊憩安全性。

另外，就西吉嶼和南海玄武岩自然保留區來說，雖然目前澎湖縣政府委託海洋國家公園管理處進行進出本自然保留區的管理。然而，西吉嶼和東吉嶼在劃設當時，是以個別土地的地籍界線作為邊界範圍，這樣的範圍劃設將造成兩個管理上的問題，一為無具體的邊界範圍，民眾和管理機關無法從現地了解其邊界，這將造成無法管理進出園之問題，民眾也無法遵守；另一問題與共管單位的管制界線不同，可見圖 31，圖 31 的紅線為自然保留區之邊界，其邊界為崖頂上的土地地籍邊界的投影面；黃線為南方四島國家公園的管

制界線，其定義為藍洞外潮間帶兩側突出礁石的連接線，兩者管制的法源和罰則也不同，建議應全面清查和檢討保留區的範圍界線，特別是海側邊界，可從土地地籍邊界擴大到平均最低潮位線，並與海管處協調管制界線一致，讓保留區的範圍更具明確化，以及強化管理非法進入的可行性和一致性，也能擴大保留區的範圍。

除藍洞之監測及範圍界線外，透過現地調查，計畫團隊發現儘管西吉嶼於民國 76 年遷村後就成為了無人島，本島仍舊保留有許多極具歷史意義的人文文化資產，如西吉宮、安全寶塔、彎墩頭塔與沙溝塔等。然而正因為本島為無人島，島上許多建築缺乏長期維護，更有甚者將近倒塌，特別是西吉宮，保有許多精緻的廟宇雕刻和遺跡，卻也隨著時間的遷移將煙滅於歷史長河中，建議可盡速採取數位掃描的技術進行數位典藏，以保護這個即將消失的重要文化資產。

表 7 適用於西吉嶼藍洞之監測方法比較

監測方法	監測類型	優劣勢分析
1.無人機精密航測	遙測與攝影測量類	1.用途:為以多期影像生成高精度DSM/點雲，比對變化檢測崩塌位置與體積。 2.優點:屬非接觸式，高解析度（公分級），可重複飛行，比對時間序列模型 3.限制:受強風和惡劣天氣限制、影像重疊控制、影像遮蔽時難監測垂直壁面。
2.地面光達掃描	遙測與攝影測量類	1. 地面光達 (TLS)用途：適合精準量測玄武岩節理面、裂隙與體積變化。 2. **優勢：**高精度三維模型（公厘至公分級），可計算崩落體積，並自動偵測開放裂隙與變化，屬先進監測技術。可整合氣象資料（風浪、降雨量）建立觸發模型。適用於本區域的落石監測。 3. **限制：**設備昂貴與內外業解算技術門檻較高等。



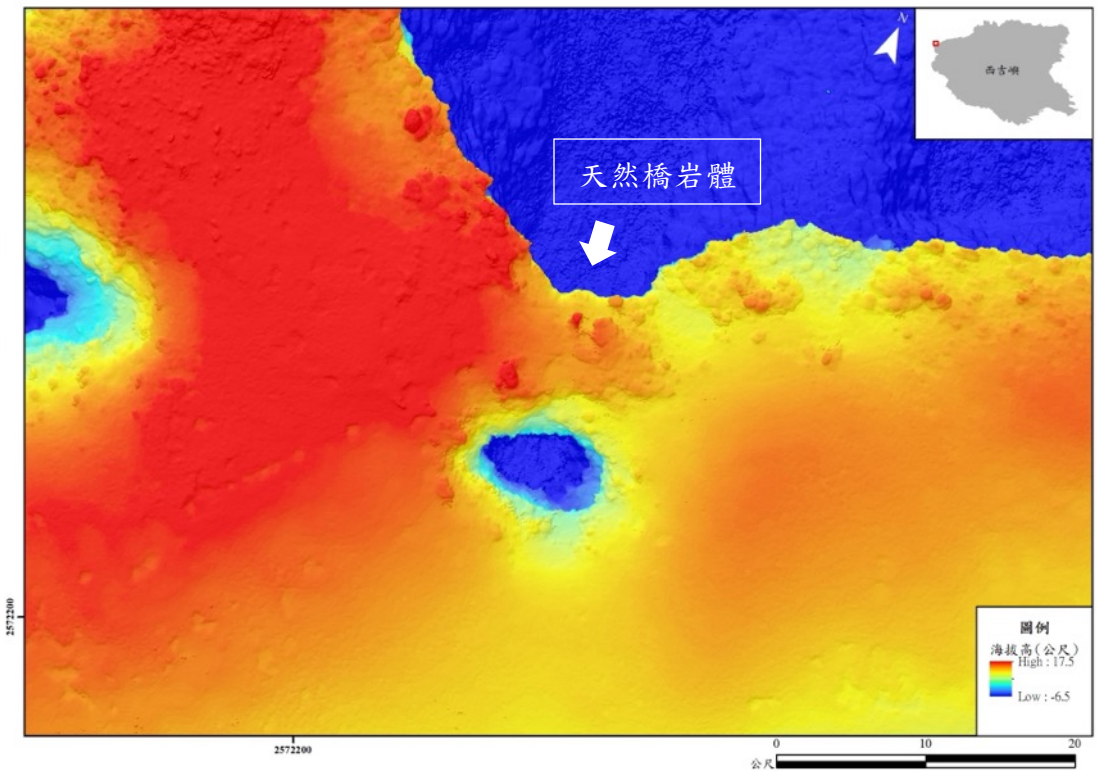


圖 30 藍洞洞口上方之天然橋岩體。上圖為藍洞洞口正面照，下圖為經強化色調後之 DSM，可觀察到天然橋岩體裂隙明顯且岩體懸空，建議可於未來三年內再次進行監測，並透過時序分析偵測其崩塌潛勢。

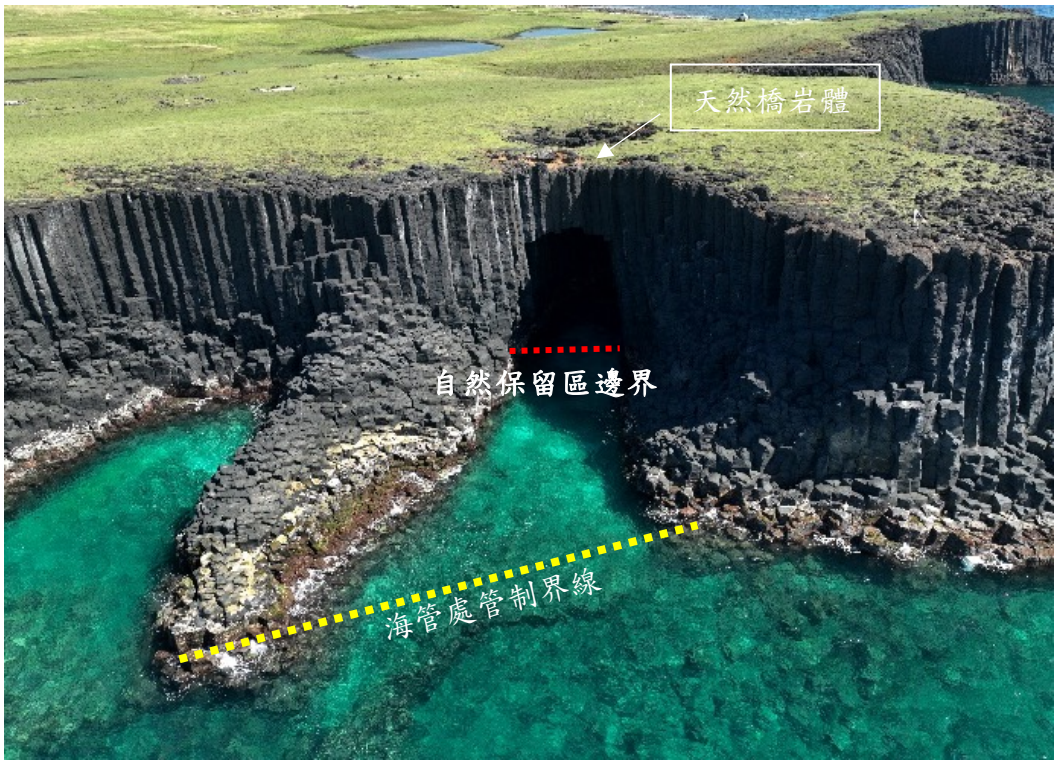


圖 31 西吉嶼計畫區內有兩個經管壓力，一為藍洞洞體的穩定性，洞口上方懸空的天然橋岩體，以及洞內可見懸空且節理間距大之不穩定岩體，建議應加強監測，以瞭解藍洞的崩塌潛勢。另一經管問題為共管單位的管制界線不同(紅線為自然保留區之邊界；黃線為澎湖南方四島國家公園的管制界線)，管制的法源和罰則也不同，建議應全面清查保留區的範圍界線，特別是海側邊界，可從土地地籍邊界擴大到平均最低潮位線，並與海管處管制界線一致，讓保留區的範圍更具明確化，以及強化管理非法進入的可行性和一致性。

第四章 結論

計畫啟動至今，研究團隊已依據合約完成所有履約標的：

一、盤點西吉嶼藍洞現有自然地景資源及經營管理威脅，並製作該區自然地景點分布地圖：

研究團隊透過現地調查，完成西吉嶼藍洞現有自然地景資源分布地圖，提供後續主管機關針對西吉嶼之經營管理參考。

二、建置西吉嶼藍洞與周圍海岸高精度與高解析度之空間圖資：

（一）**陸域精密 GNSS 測量網建置：**

運用高精度的 VRS-RTK 定位技術，計畫團隊完成西吉嶼藍洞周遭之固定測量點位佈設，一共佈設 4 個固定點，測量過程及誤差皆符合履約標的規範。

（二）**數位空間圖資建置：**

計畫團隊運用高精度 RTK-UAV 系統，完成藍洞周遭海岸線全區測繪，並於內業處理時完成數值地表模型、正射影像及三維擬真模型之建置。

（三）**潮位分布位置分析：**

團隊運用本次計畫產出之高精度數值地表模型（DSM）進行高程分析，搭配中央氣象署七美潮位站潮位資料進行潮位線萃取，完成平均低潮位線、平均潮位線、平均高潮位線之分析繪製。

三、創意部分：製作西吉嶼高精度三維擬真模型動畫影片

研究團隊運用本計畫產製之 3D 模型，製作動畫影片供主管機使用。

參考文獻

陳文山、楊小青(2013) 地質旅行、澎湖南方四島，高雄:海洋國家公園管理處。

David, C. G., Kohl, N., Casella, E., Rovere, A., Ballesteros, P., & Schlurmann, T. (2021). Structure-from-Motion on shallow reefs and beaches：potential and limitations of consumer-grade drones to reconstruct topography and bathymetry. Coral Reefs, 40(3), 835-851.

Javernick, L., Brasington, J., & Caruso, B. (2014). Modeling the topography of shallow braided rivers using Structure-from-Motion photogrammetry. Geomorphology, 213, 166-182.

Lucieer, A., Jong, S. M. d., & Turner, D. (2013). Mapping landslide displacements using Structure from Motion (SfM) and image correlation of multi-temporal UAV photography. Progress in Physical Geography, 38(1), 97-116.

Lu C.-H. and S.-J. Chyi, 2020: Using UAV-SfM to monitor the dynamic evolution of a beach on Penghu Islands. Terr. Atmos. Ocean. Sci., **31**, 283-293,doi: 10.3319/TAO.2019.09.25.01.

Lu C.-H., S.-M. Tsai, M.-T. Wu and D.-Y. Lin, 2023: Developing innovative and cost-effective UAS-PPK module for generating high-accuracy digital surface model. Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences, **34**,doi: 10.1007/s44195-023-00055-1.

Maier, K., Nascetti, A., van Pelt, W., & Rosqvist, G. (2022). Direct photogrammetry with multispectral imagery for UAV-based snow depth estimation. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 186, 1-18.

Nota, E. W., Nijland, W., & de Haas, T. (2022). Improving UAV-SfM time-series accuracy by co-alignment and contributions of ground control or RTK positioning. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 109, 102772.

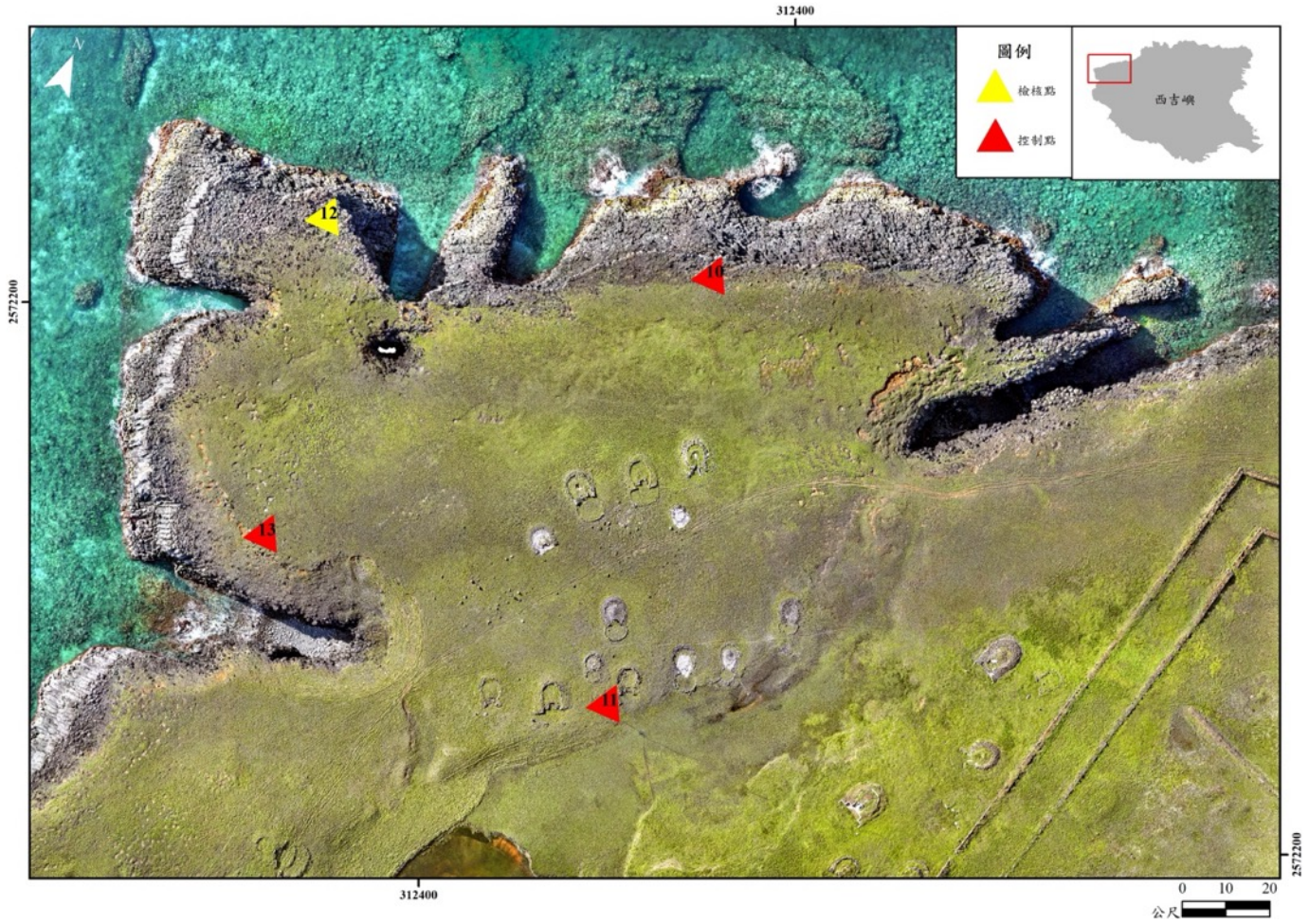
Taddia, Y., Corbau, C., Zambello, E., & Pellegrinelli, A. (2019). UAVs for Structure-From-Motion Coastal Monitoring： A Case Study to Assess the Evolution of Embryo Dunes over a Two-Year Time Frame in the Po River Delta, Italy. Sensors, 19(7).

Westoby, M. J., Lim, M., Hogg, M., Pound, M. J., Dunlop, L., & Woodward, J. (2018). Cost-effective erosion monitoring of coastal cliffs. Coastal Engineering, 138, 152-164.

Xu, S., Fu, P., Quincey, D., Feng, M., Marsh, S., & Liu, Q. (2022). UAV-based geomorphological evolution of the Terminus Area of the Hailuogou Glacier, Southeastern Tibetan Plateau between 2017 and 2020. Geomorphology, 411, 108293.

附錄一 西吉 GNSS 測量成果表

西吉 e-GNSS 測量成果表



固定點：4

活動點：0

控制點：共 3 個

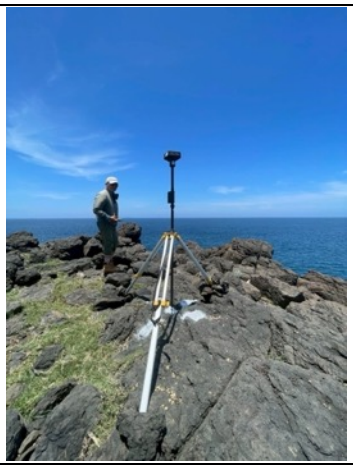
檢核點：共 1 個

測量日期：2025/08/08

紀錄者：陳熙晟

<table>
<tr><td>點位編號</td><td colspan="2">10</td><td>點位屬性</td><td colspan="2">■控制點(GCP)
□檢核點(Check Point)</td></tr>
<tr><td>座標系統</td><td colspan="5">■TWD97(119-澎) □TWD97(121-台) □WGS84 經緯度 □其他:</td></tr>
<tr><td rowspan="2">座標</td><td>X(經度)</td><td>Y(緯度)</td><td>Z(橢球高)</td><td>大地起伏</td><td>Z(正高)</td></tr>
<tr><td>312405.818</td><td>2572269.772</td><td>34.219</td><td>18.9</td><td>15.319</td></tr>
<tr><td>位置描述</td><td colspan="5">1. 點位用途：作為西吉控制點使用
2. 位置：西吉西北側海崖，接近藍洞東側約 100 公尺處，周圍無雜草，多為碎石及玄武岩
3. 佈設方式：測量釘打入玄武岩中，周圍噴上白翅膀三面，中央黑色
4. 當日測量狀況： 晴朗、微風，訊號正常</td></tr>
<tr><td>天線高(m)</td><td>2</td><td>量測方式</td><td colspan="3">▩地表面□黑色尖端埋入(-10cm)</td></tr>
<tr><td>水平精度(m)</td><td>0.033</td><td>垂直精度(m)</td><td colspan="3">0.061</td></tr>
<tr><td>測量時間</td><td></td><td>PDOP</td><td colspan="3">2.0</td></tr>
<tr><td>備註</td><td colspan="5">1. Egnss 系統選擇 kinman-mazu-penghu mount point</td></tr>
<tr><td>現地照片</td><td colspan="5">  
  </td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>點位編號</td><td colspan="2">11</td><td>點位屬性</td><td colspan="2">■控制點(GCP)
□檢核點(Check Point)</td></tr>
<tr><td>座標系統</td><td colspan="5">■TWD97(119-澎) □TWD97(121-台) □WGS84 經緯度 □其他:</td></tr>
<tr><td rowspan="2">座標</td><td>X(經度)</td><td>Y(緯度)</td><td>Z(橢球高)</td><td>大地起伏</td><td>Z(正高)</td></tr>
<tr><td>312423.497</td><td>2572170.487</td><td>29.997</td><td>18.9</td><td>11.097</td></tr>
<tr><td>位置描述</td><td colspan="5">1. 點位用途：作為西吉控制點使用
2. 位置：西吉西北側海崖處，點 10 南面，有福池北側，周圍多短草、墳塚，選定相對平坦之玄武岩佈設
3. 佈設方式：測量釘打入玄武岩中，周圍噴上白翅膀三面，中央黑色
4. 當日測量狀況： 晴朗、微風，訊號正常</td></tr>
<tr><td>天線高(m)</td><td>2</td><td>量測方式</td><td colspan="3">▩地表面□黑色尖端埋入(-10cm)</td></tr>
<tr><td>水平精度(m)</td><td>0.033</td><td>垂直精度(m)</td><td colspan="3">0.070</td></tr>
<tr><td>測量時間</td><td>03m</td><td>PDOP</td><td colspan="3">2.2</td></tr>
<tr><td>備註</td><td colspan="5">1. Egnss 系統選擇 kinman-mazu-penghu mount point</td></tr>
<tr><td>現地照片</td><td colspan="5">  
  </td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>點位編號</td><td colspan="3">12</td><td>點位屬性</td><td colspan="2">☐控制點(GCP)
■檢核點(Check Point)</td></tr>
<tr><td>座標系統</td><td colspan="6">■TWD97(119-澎) ☐TWD97(121-台) ☐WGS84 經緯度 ☐其他:</td></tr>
<tr><td rowspan="2">座標</td><td>X(經度)</td><td>Y(緯度)</td><td>Z(橢球高)</td><td>大地起伏</td><td colspan="2">Z(正高)</td></tr>
<tr><td>312319.566</td><td>2572246.365</td><td>35.296</td><td>18.899</td><td colspan="2">16.397</td></tr>
<tr><td>位置描述</td><td colspan="6">1. 點位用途：作為西吉檢核點使用
2. 位置： 西吉藍洞西北方海崖處，周圍多玄武岩凸起，面朝北，藍洞在東南側，一凸出平台上
3. 佈設方式：測量釘打入玄武岩中，周圍噴上白翅膀四面標示
4. 當日測量狀況： 晴朗、微風，訊號正常</td></tr>
<tr><td>天線高(m)</td><td colspan="2">2</td><td>量測方式</td><td colspan="2">▩地表面☐黑色尖端埋入(-10cm)</td></tr>
<tr><td>水平精度(m)</td><td colspan="2">0.008</td><td>垂直精度(m)</td><td colspan="2">0.014</td></tr>
<tr><td>測量時間</td><td colspan="2">03m18s</td><td>PDOP</td><td colspan="2">6.5</td></tr>
<tr><td>備註</td><td colspan="6">1. Egnss 系統選擇 kinman-mazu-penghu mount point</td></tr>
<tr><td>現地照片</td><td colspan="3">  </td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3"></td><td colspan="3"></td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>點位編號</td><td colspan="2">13</td><td>點位屬性</td><td colspan="2">■控制點(GCP)
□檢核點(Check Point)</td></tr>
<tr><td>座標系統</td><td colspan="5">■TWD97(119-澎) □TWD97(121-台) □WGS84 經緯度 □其他:</td></tr>
<tr><td rowspan="2">座標</td><td>X(經度)</td><td>Y(緯度)</td><td>Z(橢球高)</td><td>大地起伏</td><td>Z(正高)</td></tr>
<tr><td>312336.001</td><td>2572174.346</td><td>32.968</td><td>18.899</td><td>14.069</td></tr>
<tr><td>位置描述</td><td colspan="5">1. 點位用途：作為西吉控制點使用
2. 位置：西吉島西北部，藍洞西南邊，新娘房北邊，周圍多短雜草，選定平坦玄武岩佈設
3. 佈設方式：測量釘打入玄武岩中，周圍噴上白翅膀四面標示，中央點位為黑色
4. 當日測量狀況： 晴朗、微風，訊號正常</td></tr>
<tr><td>天線高(m)</td><td>2</td><td>量測方式</td><td colspan="3">▩地表面□黑色尖端埋入(-10cm)</td></tr>
<tr><td>水平精度(m)</td><td>0.028</td><td>垂直精度(m)</td><td colspan="3">0.061</td></tr>
<tr><td>測量時間</td><td>03m</td><td>PDOP</td><td colspan="3">2.2</td></tr>
<tr><td>備註</td><td colspan="5">1. Egnss 系統選擇 kinman-mazu-penghu mount point</td></tr>
<tr><td>現地照片</td><td colspan="5">  
   </td></tr>
</table>

附錄二 進入保護區核定公文

檔　　號:
保存年限:

澎湖縣政府 函

地址：88043 澎湖縣馬公市治平路32號
承辦人：吳坤霖
電話：06-9262620分機114
傳真：06-9275578
電子信箱：fm68430@farm.penghu.gov.tw

受文者：國立澎湖科技大學

發文日期：中華民國114年6月18日
發文字號：府授農保字第1140020611號
速別：普通件
密等及解密條件或保密期限：
附件：如說明二（0020611_3150054_0006436A00_ATTCH1.pdf）

主旨：有關貴校申請進入望安島綠蠵龜產卵棲地保護區與西吉嶼進行研究調查一案，復如說明，請查照。

說明：

一、復本府農漁局案陳貴校114年6月16日澎科大休閒字第1140006436號函。

二、本案因貴校係受本府農漁局委託執行「114年澎湖縣望安島綠蠵龜產卵棲地保護區及重要棲地範圍精測」及「114年西吉嶼自然資源調查計畫I」，本府原則同意貴校於114年6月22日至12月31日於望安島綠蠵龜產卵棲地保護區及西吉嶼進行研究調查，核定人員名單如附，請貴校研究調查人員隨身攜帶身份證明文件及公函以備查驗。

三、本縣海域多有危險，且即將進入颱風季，請貴公司注意人身安全，隨時注意氣象與海象變化，並作好安全措施。另因現已進入燕鷗及海龜繁殖季節，請貴公司於操作無人機時切勿急速飛行或變換航跡，以避免驚擾燕鷗。望安綠蠵龜保護區請留意海龜產卵區域，勿隨意挖掘破壞海龜產卵

地。如有干擾野生動物之情形，本府得撤銷貴校進入許可。

四、由於西吉嶼亦屬南方四島國家公園管轄，請貴公司同步向海洋國家公園管理處申請許可。另有關禁航區及無人機操作及相關管制事項，請貴校向交通部民用航空局確認及申請。

正本：國立澎湖科技大學
副本：內政部國家公園署海洋國家公園管理處、海洋委員會海巡署金馬澎分署第七岸巡隊、澎湖縣政府警察局、澎湖縣望安鄉公所(以上均含附件)、澎湖縣政府農漁局

電子公文交換章 2025/06/18 14:31:02

裝 訂 線

59

附錄三 無人機任務核定公文

檔　　號:
保存年限:

內政部國家公園署海洋國家公園管理處 函

地址：811 高雄市楠梓區德民路26號
聯絡人：江俊廷
聯絡電話：07-3601712
電子郵件：a999@nps.gov.tw
傳真：07-3645872

受文者：國立澎湖科技大學

發文日期：中華民國114年6月23日
發文字號：海企字第1140002141號
速別：普通件
密等及解密條件或保密期限：
附件：

主旨：有關貴校為執行澎湖縣政府農漁局委託計畫，申請於114年6月22日至12月31日期間進入西吉嶼實施無人機航拍與資源調查案，復如說明，請查照。

說明：

一、復貴校114年6月16日澎科大休閒字第1140006436號函。

二、本處原則同意進入西吉嶼實施無人機航拍部分，惟請至本處「線上服務申辦平台」（https://applyservice.marine.gov.tw/Marine_Apply）辦理「進入南方四島申請」及「空拍活動申請」，以利後續線上報到作業。倘空拍活動涉及禁限航區，請於第一次報到時檢附經遙控無人機管理資訊系統註記「審核完成」之遙控無人機活動計畫書。

三、另本案涉及國家公園內研究調查，謹請檢附研究計畫書及機關委託證明，至「臺灣國家公園研究證及採集證申請平台」（https://npgis.nps.gov.tw/collection-certificate-user）申請研究許可。

正本：國立澎湖科技大學
副本：澎湖縣政府農漁局、本處保育研究科、解說教育科、東吉管理站、企劃經理科

電子公文交換章 2025/06/23 16:54:24





裝 訂 線