# 應用影像智慧化技術判釋海岸 公路及防波堤越波研究(2/4) -夜間越波判釋



# 交通部運輸研究所

中華民國 113 年 3 月

# 應用影像智慧化技術判釋海岸公 路及防波堤越波研究(2/4)-夜間越波判釋

著者:吴昀達、陳鈞彥、林雅雯、蕭士俊、吳漢倫、陳彥龍

交通部運輸研究所

中華民國 113 年 3 月

113 應用影像智慧化技術判釋海岸公路及防波堤越波研究(2/4)-夜間越波判釋

交通部運輸研究所

GPN:1011300198 定價 200 元 國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

應用影像智慧化技術判釋海岸公路及防波堤越波 研究. (2/4): 夜間越波判釋/吳昀達, 陳鈞彥, 林雅雯, 蕭士俊, 吳漢倫, 陳彥龍著.-- 初版.--臺北市: 交通部運輸研究所, 民 113.03 面; 公分 ISBN 978-986-531-562-7(平裝)

1.CST: 海岸工程 2.CST: 環境監測 3.CST: 影像分析

443.3

113001470

應用影像智慧化技術判釋海岸公路及防波堤越波研究(2/4)-夜間越波判釋 著 者:吳昀達、陳鈞彥、林雅雯、蕭士俊、吳漢倫、陳彥龍 出版機關:交通部運輸研究所 地 址: 105004 臺北市松山區敦化北路 240 號 址:www.iot.gov.tw (中文版>數位典藏>本所出版品) 網 雷 話:(04)2658-7200 出版年月:中華民國 113 年 3 月 印刷者:綠凌興業社 版(刷)次冊數:初版一刷 52 冊 本書同時登載於交通部運輸研究所網站 定 價:200元 展 售 處: 交通部運輸研究所運輸資訊組·電話:(02)2349-6789 國家書店松江門市: 10485 臺北市中山區松江路 209 號•電話: (02)2518-0207 五南文化廣場: 40042 臺中市中區中山路 6 號•電話: (04)2226-0330

GPN:1011300198 ISBN:978-986-531-562-7(平裝) 著作財產權人:中華民國(代表機關:交通部運輸研究所) 本著作保留所有權利,欲利用本著作全部或部分內容者,須徵求交通部運輸研究所 書面授權。

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱:應用影像智慧化技術判釋海岸公路及防波堤越波研究(2/4)-夜間越波判釋								
國際標準書號(或叢刊號)	政府出版品統一編號	運輸研究所出版品編號	計畫編號					
ISBN978-986-531-562-7(平裝)	1011300198	113-009-7D48	MOTC-IOT-					
			112-H3CB001d					
本所主辦單位:運技中心	合作研究/共同研究單	位:國立成功大學	研究期間					
主管:蔡立宏	計畫主持人:吳昀達		自 112 年 2 月					
計畫主持人:林雅雯	研究人員:蕭士俊、	吳漢倫、陳彥龍						
研究人員:陳鈞彥	地址:701 台南市東區	<b>邑大學路1號</b>	至112年12月					
聯絡電話:04-26587132	聯絡電話:06-275757	聯絡電話:06-2757575 轉 63272						
傳真號碼:04-26564415								
闢鍵詞:影像智慧化、越波、海岸防護、浪襲預警								

摘要:

為減少海岸公路及港區因越波(浪襲)所造成的災害,本計畫透過網路攝影監視系統資料,配合影像判釋技術分析易越波區域受波浪襲擊情況,並發展影像判釋越波警示技術。 本計畫研究區域為「台 11 線人定勝天路段」與「花蓮港區防波堤」兩區域,透過已架設 之攝影系統,蒐集影像資料及分析溯升與越波情況,提供公路局及臺灣港務股份有限公司, 做為越波警示之依據。

本計畫為4年期計畫,本年度(112年)為第2年期,於第1年「建置影像判釋溯升/越 波技術(日間)」(簡稱前期計畫)之基礎上,本年度主要完成夜間越波影像判釋技術以及針 對台11線人定勝天路段,透過機器學習方式發展溯升/越波模型,導入臺灣近岸海象預測 系統 (TaiCOMS2.0)資料,推估波浪溯升情況,並與既有海岸公路浪襲預警系統結果進行 比對以評估其成效。

於前期計畫基礎下,本計畫於人定勝天路段建置日/夜間影像判釋溯升系統,並藉由 光學、熱成像2種攝影設備,成功蒐錄瑪娃、杜蘇芮、卡努、蘇拉及海葵等颱風事件期間 日/夜間影像資料。其中,熱成像攝影能補足光學影像夜間無法順利蒐錄影像之缺點,且因 其為拍攝熱感溫度變化機制,使其於雨天前期溫差仍處較大條件下仍可有效拍攝溯升影 像。然而,就影像判釋分析結果而言,發現熱成像雖可於夜間蒐錄影像並進行水線判釋, 惟因其需有顯著溫差條件下才能有效合理判釋,並非所有時段均能達到警戒效果。本計畫 為能應用影像判釋溯升技術於海岸公路浪襲警戒,已建立自動化影像判釋溯升系統,並依 據 111-112 年影像分析成果,訂定影像水線判釋門檻值,藉以自動化判釋時能夠獲得可靠 分析成果。此外,亦將此自動化結合影像警戒線判斷,發布越波警戒燈號,以利公路浪襲

此外,本計畫亦依據前期計畫針對既有浪襲預警系統精進規劃成果,強化預警系統功 能。除引入機器學習(高斯過程)方法,建立外海海象與近岸溯升關係(納入波向考量)外, 並發展人定勝天路段溯升機器學習模型,透過TaiCOMS2.0 輸入海象預報資料,可以順利 產製溯升預報結果。進一步和影像判釋與感測器結果進行比對,整體而言,影像分析與溯 升預報相對於感測器觀測資料,仍有部分誤差存在,但大多在允許誤差區間內,可以做為 未來精進預報模型與影像分析之參考。

出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式			
113年3月	180	200	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品,公營、公 益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱;私人及私營機關團 體可按定價價購。			
備註:本計畫之結論與建議不代表交通部之意見。						

#### PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS

#### INSTITUTE OF TRANSPORTATION

#### MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS

TITLE: : Intelligent image recognition analyses for wave overtopping on coastal highways and seawalls (2/4) - Image recognition of wave overtopping in the nighttime								
ISBN(OR ISSN) 978-986-531-562-7(pbk)	PROJECT NUMBER MOTC-IOT-112- H3CB001d							
DIVISION: Transportation Techno DIVISION DIRECTOR: Li-Hung PRINCIPAL INVESTIGATOR: Ya PROJECT STAFF: Chun-Yen Che PHONE: (04) 26587132 FAX: (04) 26564415	PROJECT PERIOD FROM February 2023 TO December 2023							
RESEARCH AGENCY: National Cheng Kung University PRINCIPAL INVESTIGATOR: Yun-Ta Wu PROJECT STAFF: Chung-Chi Liu, Yu-Chia Chang, Jen-Yu Chen ADDRESS: No. 57, Sec. 1, Dongmen Rd., East Dist., Tainan City 70142, Taiwan, R.O.C. PHONE: (06) 2757575 ext: 63272								
KEY WORDS: image recognition technology, wave overtopping and runup, Coastal protection								

#### ABSTRACT:

To reduce the disasters caused by overtopping and wave attacks on coastal roads and port areas, this research project aims to analyze the areas prone to overtopping by utilizing data from a CCTV system, in conjunction with image recognition techniques. The project focuses on two areas: the "Provincial Highway No. 11 " and the "Hualien Port." Through the established camera systems, the project involves collecting image data and analyzing the rise and overtopping of waves, and the findings will be reported to the Institute of Transportation, Ministry of Transportation and Communications, to serve as a basis for overtopping warnings.

This four-year project is currently in its second year (2023). Building upon the first year's work of "developing image recognition technology for tracking overtopping during the day," this year's main goal is to complete nighttime overtopping image interpretation techniques. Moreover, the project includes developing a rise/overtopping model for the Provincial Highway No. 11 using machine learning, incorporating data from the Taiwan Coastal Operational Modeling System 2.0 (TaiCOMS2.0), to estimate the rise on the highway, and comparing these results with existing coastal road wave attack early warning systems to evaluate their effectiveness.

Based on the achievements of the previous year, a day/night image interpretation system for tracking rises has been established in the Provincial Highway No. 11. By deploying optical and thermal imaging equipment, the project successfully collected daytime and nighttime images during typhoons such as MAWAR, DOKSURI, KHANUN, SAOLA, and HAIKUI. Thermal imaging, which captures changes in thermal temperatures, compensates for the limitations of optical imaging at night and is effective in capturing rise images, especially during the early stages of rainfall when the temperature difference remains significant. However, thermal imaging for waterline interpretation at night requires a noticeable temperature difference for effective recognition, and is not always reliable for warning purposes. To make image interpretation technology applicable for coastal road wave attack alerts, an automated image interpretation rise system has been established this year. Based on the analysis of two years' worth of images, a threshold value for image waterline recognition has been set to ensure reliable results in automated interpretation. Additionally, this automation has been integrated with an image-based warning line judgment system to issue overtopping warning signals for practical use in road wave attack alerts.

Furthermore, following the advanced planning results of the existing wave attack warning system from the initial project phase, this year's work involves strengthening the warning system. By employing machine learning methods (Gaussian Process), a relationship between offshore sea conditions and nearshore rise (including wave direction considerations) has been established for the Ren Ding Sheng Tian section. With the input of TaiCOMS2.0 ocean forecast data, successful rise forecasting is now possible. By comparing these forecast results with image interpretation and sensor data, it is found that while there are some discrepancies between image analysis and rise forecasting compared to sensor observation data, they generally fall within an acceptable error margin and can serve as a reference for future refinement of forecast models and image analysis.

DATE OF PUBLICATION	NUMBER OF PAGES	PRICE					
Mar 2024	180	200					
1. The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.							

# 目 錄

摘	要		I
目	錄		III
圖目	錄		V
表目	錄		VIII
第-	一章	緒論	1-1
	1.1	計畫緣起	1-1
	1.2	計畫目的	1-1
	1.3	工作項目與內容	1-2
	1.4	工作流程規劃	1-2
	1.5	工作執行進度規劃安排	1-4
	1.6	第一年度(111年)計畫成果摘要	1-5
	1.7	本(112)年度預期效益及成果	1-10
	1.8	後續年度計畫執行之前置作業	1-10
	1.9	環境背景現況說明	1-11
		1.9.1 氣象	1-12
		1.9.2 海象環境	1-15
		1.9.3 地質環境	1-19
		1.9.4 海岸災害	1-19
		1.9.5 花蓮海岸公路浪襲預警系統概述	1-25
第-	二章	溯升與越波資料蒐集	2-1
	2.1	溯升計觀測資料蒐集	2-1
		2.1.1 溯升觀測站建置	2-2
		2.1.2 溯升觀測站建置溯升計觀測資料蒐集與分析.	2-3
	2.2	影像觀測資料蒐集	
第.	三章	溯升與越波觀測資料分析	3-1
	3.1	影像判釋技術精進	3-1
		3.1.1 影像預處理	3-3
		3.1.2 第一次影像辨識	3-10
		3.1.3 第二次影像辨識	3-18
		3.1.4 熱成像	3-22
		3.1.5 影像描述	3-23

3.2	影像分析驗證	
	3.2.1 人為判釋驗證	
	3.2.2 溯升計驗證	
3.3	情境分析	
第四章	自動化影像判釋系統建立	
第五章	機器學習溯升模型發展	5-1
5.1	數值模式與機器學習模型說明	
	5.1.1 數值模式說明	
	5.1.2 機器學習模型說明	5-10
5.2	模型建置成果說明	5-12
	5.2.1 颱風事件追算模擬	5-13
	5.2.2 溯升模擬分析	5-14
	5.2.3 機器學習模型建置與分析	5-17
第六章	結論與建議	6-1
6.1	結論	6-1
6.2	建議	
6.3	成果效益及應用情形	
參考文獻		參-1
附錄一 其	朝中報告審查意見回覆及辦理情形	附 1-1
附錄二 其	朝中報告審查意見回覆及辦理情形	附 2-1
附錄三 其	朝末報告簡報	附 3-1
附錄四 月	歷次工作會議記要	附 4-1

# 圖目錄

啚	1.1	計畫工作流程與執行架構1-3
啚	1.2	海岸公路日間原始影像1-7
圖	1.3	RGB 色彩空間及其經對比度調整強化後的影像1-7
圖	1.4	HSV 色彩空間及其經對比度調整強化後的影像1-7
圖	1.5	YUV 色彩空間及其經對比度調整強化後的影像1-8
圖	1.6	YUV 色彩空間統計分析結果1-9
啚	1.7	U 色彩空間(紅框表示白沫區)1-9
啚	1.8	水線擷取之成果1-10
啚	1.9	花蓮港區勘評地點分布圖1-10
啚	1.10	計畫區與花蓮沿海鄉鎮氣象測站分布圖1-13
啚	1.11	花蓮沿海地區月平均溫度與日照時數分布圖(2019/10~2023/9)
啚	1.12	花蓮沿海地區月平均降雨量與降雨日數分布圖(2019/10~2023/9)
啚	1.13	歷年花蓮港測站風玫瑰圖(2002/12~2021/11)1-14
啚	1.14	花蓮港每月潮位統計圖(2002~2021)1-16
啚	1.15	石梯港每月潮位統計圖(2002~2021)1-16
啚	1.16	花蓮港歷年四季及全觀測期海流流速機率分布圖1-18
啚	1.17	花蓮港歷年四季及全觀測期海流流向機率分布圖1-18
啚	1.18	花蓮地區海岸聚落於災害徵兆(Ts)-災害潛勢(Tp)二維分布情形
_	1 10	
圖	1.19	浪襲台 11 線海岸公路事件現場概況1-23
啚	1.20	花連海岸公路浪襲預警系統畫面及燈號1-26
啚	2.1	台 11 線人定勝天路段海岸斷面現況(攝於 112/05/26)2-2
啚	2.2	花連縣台 11 線人定勝天段溯升感測器安裝完工圖
啚	2.3	花連縣台 11 線人定勝天段溯升觀測站之訊號中繼站位置圖2-3
啚	2.4	建置 FTP 站接收溯升觀測站回傳之逐時觀測資料2-4
旨	2.5	北側斷面感測器因不可抗拒因素毀損 (左圖), 並以備品支應,
_	• •	恢復觀測 (右圖)
啚	2.6	颱風期間日間(a)光學影像和(b)熱成像影像(無雨)2-7
啚	2.7	颱風期間日間(a)光學影像和(b)熱成像影像(有雨)
啚	2.8	颱風期間夜間(a)光學影像和(b)熱成像影像(無雨)2-9
啚	2.9	颱風期間夜間(a)光學影像和(b)熱成像影像(有雨)
啚	3.1	海岸線判釋技術流程圖
啚	3.2	陰晴且小浪之範例影像
啚	3.3	下雨且大浪之範例影像
啚	3.4	<b>濾波器連算規則示意圖3-4</b>
啚	3.5	影像邊界鏡射示意圖
啚	3.6	本計畫使用之高斯濾波器3-5

啚	3.7	高斯濾波器使用前之影像判釋結果	3-5
啚	3.8	高斯濾波器使用後之影像判釋結果	3-5
圖	3.9	非等向性擴散濾波器處理前後之範例影像	3-6
圖	3.10	CIE 1931 色度圖	3-7
啚	3.11	色彩空間轉換流程圖	3-10
圖	3.12	感興趣區域於影像中之相對位置	3-11
圖	3.13	陰晴且小浪(左)及下雨且大浪(右)之感興趣區域	3-11
啚	3.14	陰晴且小浪之感興趣區域影像分割結果	3-13
啚	3.15	下雨且大浪之感興趣區域影像分割結果	3-13
啚	3.16	陰晴且小浪之群心數值統計圖	3-14
啚	3.17	下雨且大浪之群心數值統計圖	3-15
啚	3.18	陰晴且小浪(左)及下雨且大浪(右)之二值影像	3-15
啚	3.19	形態學運算使用之結構元素	3-16
啚	3.20	形態學閉運算之概念圖	3-16
啚	3.21	陰晴且小浪(左)及下雨且大浪(右)經閉運算之二值影像	3-16
啚	3.22	經陰晴且小浪(左)及下雨且大浪(右)經後處理之二值影像	3-16
啚	3.23	陰晴且小浪範例影像第一次影像辨識之海岸線	3-17
啚	3.24	下雨且大浪範例影像第一次影像辨識之海岸線	3-17
啚	3.25	以前次辨識結果劃分海岸線區域	3-19
啚	3.26	第二子區域	3-20
啚	3.27	第二子區域影像分割結果	3-20
啚	3.28	第二子區域各分群群心數值統計分析圖	3-20
啚	3.29	第二子區域後處理前之二值影像	3-21
啚	3.30	第二子區域後處理後之二值影像	3-21
啚	3.31	陰晴且小浪範例影像第二次影像辨識之海岸線	3-21
啚	3.32	熱成像範例影像	3-22
啚	3.33	熱成像之 K-means 分群法結果	3-22
啚	3.34	後處理後之熱成像二值影像	3-23
啚	3.35	熱成像範例影像之影像判釋結果	3-23
啚	3.36	針孔相機模型	3-24
啚	3.37	現場量測及量測工具	3-26
啚	3.38	共線方程計算水平誤差分析(光學影像)	3-26
啚	3.39	共線方程計算高程誤差分析(光學影像)	3-27
啚	3.40	共線方程計算水平誤差分析(熱成像影像)	3-27
啚	3.41	共線方程計算高程誤差分析(熱成像影像)	3-28
啚	3.42	地形高程資料套疊影像之成果(光學影像)	3-28
啚	3.43	地形高程資料套疊影像之成果(熱成像影像)	3-28
啚	3.44	花蓮人定勝天路段預報斷面於影像位置圖(111/4/15)	3-30
啚	3.45	花蓮人定勝天夜間影像分析測試	3-31
啚	3.46	車輛通過影像分析測試	3-32
啚	3.47	影像水線判釋誤差於(a)陰晴(小浪)之分析結果	3-35

啚	3.48	影像水線判釋誤差於(b)下雨(小浪)之分析結果3-	-36
啚	3.49	影像水線判釋誤差於(c)陰晴(大浪)之分析結果3-	37
啚	3.50	影像水線判釋誤差於(d)下雨(大浪)之分析結果3-	-38
啚	3.51	光學影像之溯升計驗證3-	-39
啚	3.52	熱成像之溯升計驗證3-	-39
啚	3.53	晴天且大浪之影像判釋結果3-	-40
啚	3.54	晴天且中浪之影像判釋結果3-	-40
啚	3.55	晴天且小浪之影像判釋結果3-	-40
啚	3.56	陰天且大浪之影像判釋結果3-	41
啚	3.57	陰天且中浪之影像判釋結果3-	41
啚	3.58	陰天且小浪之影像判釋結果3-	41
啚	3.59	雨天且大浪之影像判釋結果3-	42
啚	3.60	雨天且中浪之影像判釋結果3-	42
啚	3.61	雨天且小浪之影像判釋結果3-	42
啚	4.1	影像分析水線有效性之判釋成果4	4-2
啚	4.2	影像分析水線有效性通過門檻之局部時間點結果	4-2
啚	4.3	影像判釋自動化之流程圖	4-2
啚	4.4	本計畫影像判釋自動化建置之流程圖	4-2
啚	4.5	自動化影像判釋越波警戒線圖	4-4
啚	5.1	SCHISM 模式架構圖	5-5
啚	5.2	臺灣周圍水深地形與網格分布	5-8
啚	5.3	人定勝天路段陸海域地形資料與溯升模擬範圍與網格資料5-	-10
啚	5.4	示性波高和最大2%溯升高高斯過程的機器學習流程示意圖5-	-12
啚	5.5	混合風場圖(以 2016 年梅姬颱風事件為例)5-	-13
啚	5.6	颱風事件追算模擬與量測資料時序列比較 (以2016年莫蘭蒂、	馬
勒	卡、才	梅姬颱風事件為例)5-	-14
啚	5.7	FUNWAVE 第一層範圍模擬結果(紅框為人定勝天路段)5-	-15
啚	5.8	FUNWAVE 第二層範圍模擬結果5-	-16
啚	5.9	影像分析與溯升追算比對結果5-	-17
啚	5.10	推估值與溯升追算值比對結果5-	-17
啚	5.11	溯升預報、感測器觀測值與影像分析高程之比較結果(2023 瑪	娃
		颱風事件)	-18
啚	5.12	溯升預報、感測器觀測值與影像分析高程之比較結果(2023 海道	葵
		颱風事件)	-18

# 表目錄

表 1-1	工作規劃及預定進度甘梯圖	
表 1-2	花蓮沿海鄉鎮氣象站資料概況	1-12
表 1-3	花蓮浮標每月波高統計表(2003-2022)	1-15
表 1-4	花蓮沿海潮位統計	1-16
表 1-5	花蓮港測站分季流速分布統計表(2003~2020)	1-17
表 1-6	花蓮港測站利年分季流向分布統計表	1-17
表 1-7	相關浪襲台 11 線海岸公路事件新聞蒐集	1-24
表 2-1	花蓮縣台 11 線人定勝天段溯升計安裝位置	2-2
表 3-1	sRGB 色彩空間三原色及白點色度值	
表 3-2	陰晴且小浪之感興趣區域各分群群心數值	
表 3-3	下雨且大浪之感興趣區域各分群群心數值	
表 3-4	範例影像之最大值指數與平均值指數	
表 3-5	第二子區域各分群群心數值	
表 3-6	蘇拉颱風期間溯升計與影像判釋結果比對	
表 4-1	不同來源影像規格	
表 5-1	以機器學習進行溯升預測之相關研究	

# 第一章 緒論

### 1.1 計畫緣起

颱風長浪對臺灣東部海岸衝擊影響重大,而海岸公路為東部重要 交通幹道,當其受颱風長浪侵襲時,除對用路人行車安全造成威脅外, 更讓業管單位的現場巡檢人員受到風險。除海岸公路外,港區亦為交 通部運輸研究所(以下簡稱本所)職掌範圍,而當港區受颱風長浪衝擊 時,港區防波堤亦可能有越波現象發生,並造成堤身破壞。本所於民 國 106 至 110 年已分別建置臺東及花蓮海岸公路浪襲預警系統,提供 浪襲預警資訊。透過越波資料庫建立,並介接臺灣近岸海象預測系統 (TaiCOMS2.0),達到海岸公路越波警示之目的,惟越波與浪襲仍無現 場觀測數據或影像等直接資訊與預警系統資料進行更為量化比對。

近年來,影像判釋技術應用廣泛,且已有相關研究透過影像判釋 技術進行異常波、沿岸流、溯升、地形變遷等海岸資訊觀測。將既有 攝影設備錄製之影像,透過影像判釋技術分析後,可量化影像內之訊 號,並加值提取各單位所需之物理參數資料。因此,攝影設備所得影 像資料,不僅能夠提供直接性影像訊息,亦可藉由判釋技術之建立來 加值淬取物理參數的資訊。然而,受限於影像品質、環境背景、現象 差異等因素皆會影響判釋之品質,因此,檢核影像判釋特性與結果, 乃為判釋技術建立之重要關鍵。

#### 1.2 計畫目的

為減少海岸公路及港區外廓防波堤發生越波(浪襲)事件所造成之 災害,本計畫旨於發展一套應用影像判釋海岸公路與港區防波堤越波 之技術,藉此加值應用既有影像觀測資料,並透過建立影像判釋越波 資料庫,以達由網路攝影機影像畫面,應用影像判釋技術進行分析, 提供業管單位越波、浪襲警示資訊之目的。此外,並將此判釋技術導 入本所既有海岸公路浪襲預警系統,期能透過連結影像判釋資料,提 升海岸公路與港區越波、浪襲預警功能。

1-1

#### 1.3 工作項目與內容

本計畫研究期程為4年(111年至114年),本年度(112年)為第2 年度,主要工作項目如下:

- 1. 蒐集海岸公路(台 11 線人定勝天路段)及花蓮港區防波堤近岸海象 影像。
- 維護與精進海岸公路及港區防波堤的波浪溯升與越波影像資料庫, 應用影像特性分析自動化判釋海岸公路波浪溯升與越波影像特性 (如:判定激起波浪邊界,分析波浪溯升、越波高度、越波次數、 越波範圍以及越波量大小等)。
- 發展海岸公路夜間影像判釋技術及自動化判釋浪襲與越波技術。
- 4. 分析海岸公路影像自動化判釋與波浪溯升計結果,並將資訊回傳至本所;研發人定勝天路段現場即時影像自動化判釋越波技術,於現場設置相關設備並即時回傳訊息。
- 5. 依據颱風事件或顯著越波事件進行影像、溯升計之波浪溯升與越波 資料分析,以獲得本年度人定勝天路段溯升/越波資料。透過歷史 颱風事件追算模擬資料,建立機器學習溯升/越波模型,並與本所 海岸公路浪襲預警系統比對,並評估其成效。
- 6. 研提 113 年度防波堤越波判釋研究之規劃。

7. 綜整摘要說明 111 年至 112 年研究計畫累積成果。

#### 1.4 工作流程規劃

依據本年度委辦計畫工作需求,擬訂「溯升與越波資料蒐集」、 「溯升與越波觀測資料分析(日、夜間)」、「發展機器學習溯升模型」 及「自動化影像判釋系統建立」等4項工作項目,執行架構主要包含 「資料蒐集作業」、「建立影像分析技術與自動化判釋系統作業」,以 及「建立機器學習溯升模型作業」等3階段。計畫工作流程與執行架 構如圖 1.1 所示。各階段作業概述如下。



圖 1.1 計畫工作流程與執行架構

1. 資料蒐集作業

此階段工作項目為溯升與越波觀測資料蒐集,主要是蒐集本計畫 觀測系統資料,其中包含溯升計資料與網路攝影機影像資料,溯升資 料主要以數據資料為主;攝影機則會獲得各時段溯升或越波影像資 料,以利本計畫後續分析影像所用。

2. 建立影像分析技術與自動化判釋系統作業

此階段工作項目主要為「建立影像分析技術(日、夜間)」與「建 立自動化判釋系統」兩部分。透過「資料蒐集作業階段」可獲得研究 區域影像與溯升計資料,其中,溯升計資料透過率定與解算可分析溯 升或越波高度資料(以實際安裝高度間隔解析度為主);影像分析技術 部分,則以前期計畫所發展之判釋技術為基礎,進一步發展夜間影像 判釋溯升/越波之功能,影像資料會透過影像判釋後轉化為量化資料。 而影像分析技術乃為間接性觀測技術,因此,其數據會受分析參數(例 如:邊緣偵測之門檻值設定)、環境背景不同而有所影響,此時可透過 不同觀測方式(例如:人為判釋、溯升感測器資料等)來交叉比對,以 確定分析技術之可靠性。

3. 建立機器學習溯升模型作業

此階段工作項目主要是透過機器學習方式建立人定勝天路段機 器學習溯升模型,其藉由海象資料導入而推估近岸溯升情況,以利未 來銜接臺灣近岸海象預測系統 (TaiCOMS2.0)進行浪襲預報所用。此 作業旨於精進既有浪襲預警系統,因此,建立初期仍需進行比對,以 增加該系統未來透過機器學習浪襲預報之可靠性。

# 1.5 工作執行進度規劃安排

有關本計畫工作規劃及預定進度甘梯圖,如表 1-1 所示。

	111年											
工作項目	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	備註
(一)溯升與越波資料蒐集												
(二)溯升與越波觀測資料分析 (日、夜間)												
(三)自動化影像判釋系統建立												
(四)機器學習溯生模型發展												
(五)報告撰寫												
		*			*				*		*	
工作進度估計 百分比(累積數)	15	20	25	35	45	55	65	75	85	90	100	
預定查核點		第1季:政府部門研究計畫基本資料表登錄										
		第2季:期中報告(初稿)										
		季:	期末	報告	-(初末	镐)						
	第4季:成果報告及經費支出報告表											

表 1-1 工作規劃及預定進度甘梯圖

註:預定進度以下斜線表示,實際完成進度以粗實線表示。

# 1.6 第一年度(111年)計畫成果摘要

第一年度(111年)計畫已建置「人定勝天」路段之日間溯升/越波 影像判釋之方法與流程。由於海岸公路影像屬 RGB 的光學影像,參 考數位影像分析之「影像輸入」、「影像強化」、「影像區分」、「特徵抽 取和表示」和「影像描述」等五步驟(賴岱佑,2008),為了取得水線 之位置,藉以計算溯升高度,首先需分析輸入之 RGB 影像是否適用 於水線之區分,或需轉換至其他色彩空間。接著,透過影像強化的方 式提升水線與其他特徵間的對比度。影像區分則是進一步聚焦於出水 線的部分,以利水線擷取。至此,已完成擷取水線於影像座標位置資 訊之工作,但憑此仍無法得知溯升高度,僅能提供定性的水線描述。 因此,最後需建立影像二維座標與真實三維座標間的轉換關係,以達 到定量之描述,即海岸公路影像識別溯升高度。其中,「影像輸入」、 「影像強化」、「影像區分」,以及「特徵抽取和表示」四部分需視實 際的狀況進行規劃測試,以制訂合適的作法。第一年度建置之影像判 釋技術,將此四步驟整併為「影像輸入及影像強化」與「影像區分及 特徵抽取和表示」,說明如下:

1. 影像輸入及影像強化:

在影像觀測海岸方面,因目的和環境條件的不同可能會採用不同 的色彩空間進行分析。舉例來說,Andriolo(2019)分析波浪於近岸的特 性,以RGB分界出淺化區、沖刷帶和碎波帶等;Liu and Wu(2019)建 立裂流觀測預警系統,將RGB轉至HSV以擷取裂流之型態。Molfetta et al.(2015)將RGB轉至YUV建立海岸影像監測系統,藉以監測岸線 的變化。因此,本計畫針對海岸公路影像資料進行RGB、HSV和YUV 之分析,藉此決定採用之色彩空間格式。

RGB 色彩空間是一種以紅色(R)、綠色(G)和藍色(B)所組成之色 彩模型,透過 RGB 這三種色彩強度不同的搭配,可建構出彩色的數 位影像,本計畫所採用海岸公路影像即為此種格式。HSV 和 YUV 色 彩空間分別為色差(H, Hue)、飽和度(S, Saturation)和明度(V, Value), 以及明亮度(Y, Luminance)和兩個在藍色和紅色的色度(Chrominance) 投影分量(U和 V)。上述2種色彩模型皆可透過 RGB 轉換得到:

1-5

1. HSV :

$$MAX = max(R, G, B)$$
  

$$MIN = min(R, G, B)$$
  

$$D = \frac{60^{\circ}}{MAX - MIN}$$
(1-1)

$$H = \begin{cases} 0^{\circ}, & \text{if } MAX = MIN \\ D(G-B) + 0^{\circ}, & \text{if } MAX = R \text{ and } G \ge B \\ D(G-B) + 360^{\circ}, & \text{if } MAX = R \text{ and } G < B \\ D(B-R) + 120^{\circ}, & \text{if } MAX = G \\ D(R-G) + 240^{\circ}, & \text{if } MAX = B \end{cases}$$
(1-2)

$$S = \begin{cases} 0^{\circ}, & if MAX = 0\\ 1 - \frac{MIN}{MAX}, & otherwise \end{cases}$$
(1-3)

$$V = MAX \tag{1-4}$$

2. YUV :

$$\begin{bmatrix} Y \\ U \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.144 \\ -0.147 & -0.287 & 0.436 \\ 0.615 & -0.515 & -0.100 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$
(1-5)

圖 1.2 為原始的海岸公路日間影像,影像於原始 RGB、HSV 和 YUV 色彩空間和分別進行對比度強化之結果如圖 1.3、圖 1.4 和圖 1.5 所示。圖 1.3 顯示在 RGB 上進行對比度強化的差異不大,並且在 R、 G 和 B 三種不同色彩空間上的影像也無顯著差異,從這三種影像皆 可以肉眼判釋出水線的位置,但亦存有較多的其他特徵。圖 1.4 為 HSV 色彩空間,結果顯示 H 和 S 有相當顯著的特徵,H 在道路和部分消 波塊與其他特徵的對比顯著,S則有利於白沫區之分析,但仍不易於 水線之判釋。圖 1.5 為 YUV 色彩空間,在未經對比度強化之前,U和 V 的影像幾乎一片漆黑,但經過對比度提升後可看到 U 凸顯了水體 和天空,而 V 則強調出了道路和消波塊。如此顯著的差異性非常有利 於後續的水線影像分析,然而,U和 V 在空間解析度上較差,故除了 U和 V 之外,亦需同時搭配解析度較佳的 H 進行。



圖 1.2 海岸公路日間原始影像



圖 1.3 RGB 色彩空間及其經對比度調整強化後的影像



圖 1.4 HSV 色彩空間及其經對比度調整強化後的影像



圖 1.5 YUV 色彩空間及其經對比度調整強化後的影像

2. 影像區分及特徵抽取和表示:

為了進一步區分影像中之水體和其他特徵,需進行統計分析瞭解 YUV 色彩空間於水體區域之變化,藉此設定適當的門檻值。在無降 雨的日間條件下,將 6.6 小時之連續影像擷取出 398 幅影像(影像時間 間隔為 1 分鐘),進行平均值(mean)和標準偏差(std)之分析,如圖 1.6 所示。以平均值來看,Y 在水體和天空之像素較強,水體像素值約為 0.4-0.6,且水線交界顯著;相對的,U和V的解析度較差,但能很好 的區分出水體大概之區域,水體像素值於 U 落於 0.4-0.6,V 則趨近 於 0。另一方面,從標準偏差來看,V 的結果顯示其變化最為穩定, 其次是 Y,而 U 的變異性最大。雖然 V 在水體的部分相當突出且穩 定,但由於解析度較低且部分陸域亦呈現與水體像素相同之強度。從 上述的統計分析結果可瞭解到 Y 在水體的像素值與陸域和消波塊有 一定程度的差異,落差較小但解析度較佳,U 在水體的像素值較大但 變異性大,V 在水體的像素值極低且變異性小。因此,程式分析以解 析度佳之 Y 做為基底,將Y和U超過門檻值和V低於門檻值之區域 之像素設為最大值,藉此有效的區分出水線與其他特徵。

YUV 色彩空間中的 U 經對比度強化後之影像可凸顯水體和天空 之區域,然而其白沫區相較於其他水體區域(圖 1.7)像素值較小,雖經 門檻值區分後仍可能造成程式誤判。因此,為了處理此狀況,故透過 中值濾波器(median filter)降低其空間不均勻性。最後,為了擷取水線 的位置,則同時搭配 Canny 邊緣偵測,水線擷取之成果如圖 1.8 所示。



圖 1.6 YUV 色彩空間統計分析結果



圖 1.7 U 色彩空間(紅框表示白沫區)



圖 1.8 水線擷取之成果

### 1.7 本(112)年度預期效益及成果

- 建立夜間影像判釋技術,針對海岸公路浪襲與波浪溯升事件進行事件發生、影響狀態範圍測定之偵測判釋與分析(如:浪襲前之水位變化、溯上高度、越波次數、越波量及越波範圍等),提供未來交通管理決策品質及浪襲預警之參考。
- 2. 藉由本計畫建立的海岸影像擷取技術,即時了解海岸公路的浪襲狀況,提升公路單位對浪襲事件的掌握。
- 3. 建立海岸公路自動化影像判釋越波系統。
- 4. 建立機器學習溯升模型,提升既有浪襲預警系統之能力。

5. 提供精進海岸公路浪襲預警系統之規劃建議。

# 1.8 後續年度計畫執行之前置作業

有鑑於本計畫明(113)年度建立花蓮港區防波堤越波影像判釋技術之所需,業於今(112)年5月25日辦理花蓮港區防波堤現地勘查活動,藉以評估花蓮港區防波堤所需攝影機架設地點,勘查評估地點包含花蓮港務警察總隊東堤分駐所樓頂、向日廣場景觀台涼亭,以及花蓮港東防坡堤等處,位置分布與建物外觀詳圖1.9。由圖知,涼亭(圖

1.9(A))與分駐所(圖 1.9(B))建物高度雖較防波堤高,然視野高度仍不 足以窺見堤防外側海水位變化概況,如選於此2處地點架設攝影機, 需豎立一定高度之直立桿以增高攝影機拍攝視野,使達所需視野之拍 攝高程,惟臨海風勢強勁,豎立高桿亦有增加維運成本之可能。此外, 東防波堤外側分別設有雙T型塊與消波艙,於堤上設置攝影機除需考 量電力來源外,恐亦無法拍攝到明顯之水線溯上情形。

綜上所述,考量花蓮港區內可架設攝影機之位置與高度限制,皆 無法監控溯升狀況,建議改以判釋越波與否做為警戒標的,並採用本 所既有之花蓮港西防波堤堤頭攝影機(AXIS Q1786-LE),調整拍攝範 圍以供越波預報程式驗證所用。



圖 1.9 花蓮港區勘評地點分布圖

### 1.9 環境背景現況說明

花蓮縣位於臺灣東部,面臨太平洋,北起和平溪,南至秀姑巒溪 口以南之靜浦,海岸線全長約175公里,為全臺海岸線最長的縣市。 花蓮海岸多屬山岩峭壁,立霧溪以北屬斷層岩岸,花蓮溪口以南為海 岸山脈東側之岩石海岸,面臨太平洋,且處於大陸板塊斜坡邊緣,海 岸坡度較陡,海岸地形變化較小,離岸不遠處即為太平洋海溝,水深 可達 1,000~2,000 公尺以上,海氣象環境背景概況說明如下。

#### 1.9.1 氣象

花蓮地幅狹長,南北長約兩百多公里,北迴歸線從瑞穗通過,氣 候上可以瑞穗作分界,以北為亞熱帶氣候,以南為熱帶氣候。此外, 高山林立,來自赤道的太平洋暖流--黑潮,亦具有調節氣候的功用。 茲蒐集中央氣象署花蓮沿海鄉鎮氣象站觀測資料,測站資料整理如表 1-2,分布位置如圖 1.10。近5年月平均溫度與日照時數分布如圖 1.11, 顯示近5年間月平均溫度介於16.6~27.7℃,月平均溫度最高出現在 7月,最低則為1月。此外,日照時數亦以7月平均286.3小時為最 多,1月平均65.8小時為最少。圖1.12為近5年月平均降雨量與降 雨日數分布,月平均雨量介於75.9~498.4 毫米,主要降雨月份集中 在 9~11 月,平均年降雨日數約 172.9 日,平均年雨量約 2,145.4 毫米。 其中,10月份雨量較高於其他月份之主因為2019年米塔颱風、2021 年10月圓規颱風與2022年10月尼莎颱風所致。另根據2021年港灣 海氣象觀測資料統計年報,2002年至2021年間花蓮港的平均風速為 3.4m/s,主要風力風向為 WSW 方向(13.6%)。四個季節的風速皆在強 風以內,合計占比達 99.9%以上,風力的主要風向為 N~E 與 S~W 方向,圖1.13為花蓮港域歷年觀測風玫瑰比較圖。

站號	站名	海拔高度(m)	經度	緯度	鄉鎮市區					
466990	花蓮	16.1	121.613275	23.975128	花蓮市					
C0T9E0	大坑	415	121.581981	23.880628	壽豐鄉					
C0T9F0	水璉	251	121.542514	23.797131	壽豐鄉					
С0Т9Н0	加路蘭山	725	121.5274	23.682947	豐濱鄉					
C0T9I0	豐濱	152	121.514806	23.583897	豐濱鄉					
C0T9M0	靜浦	92	121.495028	23.455167	豐濱鄉					
C0Z100	東華	36	121.549833	23.89525	壽豐鄉					
C0Z150	吉安光華	27	121.595153	23.930925	吉安鄉					
C0Z180	新城	34	121.60454	24.03946	新城鄉					
C0Z270	蕃薯寮	343	121.540108	23.73835	壽豐鄉					

表 1-2 花蓮沿海鄉鎮氣象站資料概況

資料來源:中央氣象署



圖 1.10 計畫區與花蓮沿海鄉鎮氣象測站分布圖



圖 1.11 花蓮沿海地區月平均溫度與日照時數分布圖(2019/10~2023/9)



資料來源:中央氣象署網站(<u>https://www.cwb.gov.tw/</u>),本計畫重新繪製。

圖 1.12 花蓮沿海地區月平均降雨量與降雨日數分布圖(2019/10~2023/9)



資料來源:交通部運輸研究所「2021 年港灣海氣象觀測資料統計年報(8 港域觀測風力資料)」

# 圖 1.13 歷年花蓮港測站風玫瑰圖(2002/12~2021/11)

# 1.9.2 海象環境

1. 波浪

中央氣象署於花蓮縣新城鄉設有資料浮標(經度:121.63、緯度: 24.03),觀測波浪、風速風向與海流。茲蒐集 2003 年至 2022 年間 花蓮資料浮標之波浪觀測資料如表 1-3,花蓮海域歷年月平均示性 波高約 0.6~1.6 公尺,平均週期介於 5.4~6.3 秒;最大示性波高約 3.6~11.9 公尺,對應週期介於 10.0~15.1 秒。整體來說,花蓮海 域受冬季季風影響,每年的 10 月到隔年 3 月屬於風浪較大的時刻, 4 月至 9 月屬於風浪較小的時刻。此外,每年 8 月至 10 月為主要 颱風季節,颱風威力大小對於海面波浪亦有絕對性的影響。

	最大示性波高			亚圴	亚拓	示性波高分布百分比				
月份	波高 (公尺)	尖峰 週期 (秒)	波 向 (度)	發生時間 (年/月/日)	平均 示性波高 (公尺)	十 均 週 (秒)	< 0.6 公尺 (%)	0.6~1.5 小浪 (%)	1.5~2.5 中浪 (%)	> 2.5 大浪 (%)
1	5.3	13.1	33	2011/1/15	1.5	6.2	1.9	53.5	37.8	6.9
2	5.2	11.3	22	2021/2/11	1.3	6.1	3.0	64.4	28.2	4.4
3	4.6	13.1	-	2005/3/4	1.2	6.0	7.0	69.1	20.4	3.5
4	3.8	10.0	45	2018/4/7	1.0	5.9	16.4	70.0	12.9	0.8
5	4.2	15.1	56	2011/5/29	0.8	5.6	40.2	55.3	4.2	0.3
6	3.6	13.1	-	2004/6/29	0.6	5.4	66.1	31.5	2.2	0.2
7	9.6	-	101	2008/7/28	0.7	5.7	62.7	31.1	3.9	2.3
8	11.9	13.1	90	2015/8/8	0.7	6.0	53.2	39.7	5.0	2.2
9	11.9	15.1	56	2010/9/19	1.0	6.2	30.8	51.9	11.9	5.4
10	10.1	15.1	315	2007/10/6	1.4	6.3	4.4	58	28.5	9.0
11	6.4	13.1	56	2007/11/27	1.4	6.3	2.2	59.6	31.6	6.5
12	8.1	-	22	2019/12/7	1.6	6.3	1.5	49.3	39.8	9.4

表 1-3 花蓮浮標每月波高統計表(2003-2022)

資料來源:中央氣象署網站(<u>https://www.cwb.gov.tw/</u>),本計畫重新整理。

2. 潮汐

參考中央氣象署 2003 年至 2022 年間潮位統計資料,花蓮沿海 花蓮潮位站與石梯潮位站之潮位統計分別如圖 1.14、圖 1.15 與表 1-4,平均潮差介於 1.202~1.230 公尺,最大天文潮潮差約 2.213~ 2.457 公尺,而暴潮潮差可達到 2.809~2.891 公尺。整體而言,花 蓮南側海域潮高較北側海域高,潮差亦較北部略大些。



潮高基準:相對臺灣高程基準 TWVD2001 基隆海平面 圖 1.14 花蓮港每月潮位統計圖(2002~2021)



潮高基準:相對臺灣高程基準 TWVD2001 基隆海平面 圖 1.15 石梯港每月潮位統計圖(2002~2021)

				-	•		
	最高高潮位	最高	平均	平均	平均	最低	最低
潮位站	暴潮位	天文潮	高潮位	潮位	低潮位	天文潮	低潮位
	(公尺)	(公尺)	(公尺)	(公尺)	(公尺)	(公尺)	(公尺)
花蓮	1.435	1.186	0.634	0.072	-0.568	-1.027	-1.374
石梯	1.656	1.321	0.769	0.183	-0.461	-1.136	-1.235

表 1-4 花蓮沿海潮位統計

潮高基準:相對臺灣高程基準 TWVD2001 基隆海平面

3. 海流

茲蒐集本所「110年主要商港波流觀測與特性分析」研究成果, 2003年至2020年間花蓮港海流流速與流向觀測資料分布統計、機 率分布,整理如表1-5、表1-6、圖1.16與圖1.17所示。結果顯示, 花蓮港年平均流速為19.6cm/s,冬季平均流速均18.4 cm/s,為四季 中較低之季節,秋季平均流速20.7cm/s為最高,四季流速分布均以 25 cm/s以下成份居多,分別為春季76.3%、夏季74.7%、秋季73.2%、 冬季78.1%。根據歷年海流流向觀測資料顯示,花蓮港海流運動方 向集中於N~E、S~W兩象限,流向分布統計資料分別為N~E象限: 全期28.4%、春季29.5%、夏季33.3%、秋季25%、冬季26.2%; S~W象限:全期36.1%、春季35%、夏季26.6%、秋季40.9%、冬 季41.2%。海流隨潮流漲落改變方向,退潮時段流向為N~E象限, 漲潮時段流向為S~W象限,漲退潮方向與位於臺灣東北角之基隆

	· • • • •			====;
季節	平均流速	流速 < 25 cm/s	25 ≥ 流速 ≤ 50 cm/s	流速 > 50 cm/s
	(cm/s)	(%)	(%)	(%)
春	19.4	76.3	19.6	4.2
夏	19.9	74.7	21.2	4.1
秋	20.7	73.2	21.5	5.3
冬	18.4	78.1	18.6	3.3
全期	19.6	75.6	20.2	4.2

表 1-5 花蓮港測站分季流速分布統計表(2003~2020)

資料來源:交通部運輸研究所「110年主要商港波流觀測與特性分析」

表 1-6 花蓮港測站利年分季流向分布統計表

	• -			
季節	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	29.5	22.3	35.0	13.1
夏	33.3	23.5	26.6	16.5
秋	25.0	23.5	409	10.6
冬	26.2	18.3	41.2	14.3
全期	28.4	21.9	36.1	13.6

資料來源:交通部運輸研究所「110年主要商港波流觀測與特性分析」



CURR SPEED(knot) 資料來源:交通部運輸研究所「110年主要商港波流觀測與特性分析」





圖 1.17 花蓮港歷年四季及全觀測期海流流向機率分布圖

### 1.9.3 地質環境

花蓮海岸地質環境約略可以立霧溪與花蓮溪為分界:

- 和平溪口以南至立霧溪口以北段屬斷層岩岸,略呈東北往西南走向, 大致與中央山脈之走向平行,山勢險惡直逼太平洋,海岸偶有少許 砂礫土質海灘,主要岩類包括片岩、變質石灰岩(亦稱大理石)及片 麻岩三類,該段岩質較硬,因此海岸侵蝕自然較不明顯。
- 2. 立霧溪口至花蓮溪口段為片岩沖積層與砂礫土,歷年受到太平洋巨 浪之沖擊,岸邊陸地逐漸後退,因此本段亦屬侵蝕海岸。七星潭奇 萊鼻以南至花蓮港段為珊瑚礁海岸;美崙溪口至花蓮溪口段屬砂土 質,為砂礫土質海岸,地勢較為平坦,砂土質粒徑小,禦浪能力薄 弱,亦同屬侵蝕海岸。
- 3. 花蓮溪口以南為多層山岩峭壁之岩石海岸,砂灘少而參雜於山岬之間。海岸常見海蝕平台,或為海浪侵蝕成谷溝,或為海水沖擊切割而成方形岩塊。本段海岸線仍相當平直,由於地殼在更新世時之不等量上升造成梯田狀地形,浮升之珊瑚礁及窄而深之岩石峽道海蝕溝隨處可見。石梯坪段有較為嚴重之侵蝕。

#### 1.9.4 海岸災害

花蓮海岸位於臺灣東部,位處背山面海之狹長海岸地帶,各聚落 經濟之發展頗受地形及氣候之限制,因此區內腹地小的聚落多沿著蘇 花公路、省道台 11 線邊分布,位於腹地較廣之海階地或丘陵地之聚 落則多以務農型態之散村型式存在,其餘因靠近海岸,並附有不同規 模之漁港,多從事漁業之經濟活動。國家災害防救科技中心針對花蓮 海岸聚落進行災害調查與危險度評估(張志新等人,2019),該研究指 出,花蓮縣多數聚落僅依靠台 11 線做為唯一聯外道路,缺乏替代道 路,在颱風侵襲期間,可能面臨巨浪、河道溢淹、坡地災害及道路中 斷形成孤島等威脅,如 1992 年寶莉颱風造成新社海堤被沖毀,巨浪 侵蝕陸地,圖 1.18 為花蓮地區海岸聚落於災害徵兆(Ts)-災害潛勢(Tp) 二維分布情形,其中,石梯、石梯坪、港口與大港口等4處聚落位於 豐濱鄉港口村,鄰近人定勝天路段,石梯聚落居民表示,2015 年蘇迪 勒颱風浪襲台 11 線公路路面,港內漁船都被吹到岸上,顯示該路段 確實有浪襲風險。



資料來源:張志新等人,2019,海岸聚落災害調查與危險度評估-以花蓮縣為例

# 圖 1.18 花蓮地區海岸聚落於災害徵兆(Ts)-災害潛勢(Tp)二維分布 情形

然海岸地區可能因受到異常波浪之侵襲,進而造成重大的災害。 漁民、釣客、戲水的民眾或海巡人員,常被「突發性的異常波浪」所 襲擊,這種突發性的異常波浪是沒有任何的前兆,如「瘋狗」般的隨 便亂咬人,漁民及釣客就稱這「突發性的異常波浪」為「瘋狗浪」。當 海浪傳到岸邊,衝擊礁岩或防波堤,激起巨大水花,力量大到連車子 都能捲入海,東北季風、颱風期間的長浪也都可能有瘋狗浪。

根據 2015 年海洋大學、台北城市科技大學及氣象署海象測報中 心合作研究報告指出(郭人維等人,2015), 瘋狗浪事件發生地點在東 北部及東部的次數最多,分別為新北、基隆、宜蘭及花蓮皆發生超過 28件;其次為台東、高雄、連江,發生 10件至 28件;其他西半部及 離島縣市相對發生事件較小,至少會發生 1件至 10件。當海面上沒 颱風發展時,以1、11、12月發生瘋狗浪事件最多,皆超過 20件, 由於當時為冬季,可能是東北季風不斷吹拂海面,使海邊風浪不小; 當海面上有颱風發展時,7月至11月皆發生15件以上,其中又以9 月發生的件數最多。另外,再以瘋狗浪事件發生當下,太平洋上是否 有颱風進行分類,數據顯示僅有3%出現在氣象署發布颱風警報時, 多數瘋狗浪事件則出現在無發布颱風警報和非颱風季節期間。

中央氣象署統計,自 2000 年至 2022 年底,全台海岸異常波浪事 件有 408 件、每年平均 18 件, 釀 701 人落海。根據 2021 年中山大學 與本所運研中心合作研究報告指出(陳冠宇等人,2021),近年來台11 線花蓮海岸公路的人定勝天碑路段(道路里程約 61K 到 63K) 因離海 岸近,較易於颱風期間受到長浪的影響,如 2015 年 8 月蘇迪勒颱風 期間,除了人定勝天碑被海浪打落海面之外,同時造成台 11 線 62.1K 「人定勝天碑」路段有長達 40 公尺、寬 6 公尺的道路流失,下方路 基遭到海浪侵蝕、淘空(圖 1.19(a)),讓相關單位採取單線雙向通行的 措施。又如 2016 年 9 月梅姬颱風期間,該路段出現浪花夾帶碎石波 及道路路面的情形(圖 1.19(b))。除了上述新聞事件外,2018 年9月潭 美颱風期間公路局亦在台 11 線 61k+400 附近拍攝到浪襲道路的情 況,如圖 1.19(c)。此外,2023 年 5 月瑪娃颱風外圍環流及長浪影響, 台 11 線 56.8K 沙灣路段受因長浪侵蝕掏刷公路路側擋土牆肇衍綠帶 流失約 56 公尺(圖 1.19(d))。台 11 線人定勝天路段已屬公路局列管中 之浪襲路段,颱風期間如經氣象資料預判該台 11 線人定勝天路段可 能遭受浪襲影響時,公路局將會於防災新聞稿發布時予以納入宣導防 避之路段,表1-7為臺灣東部海岸地區與海岸公路可能受到颱風波浪 或異常浪等長波侵襲事件。

目前學界對於瘋狗浪的成因尚未有定論,此類異常波浪隨機發生 的現象,尚無法從實測水位來說明其出現的時空變化,但可以透過一 些海氣象變化和海事災害來判斷瘋狗浪的形成原因、襲擊岸邊時機和 地點等。中央氣象署指出,臺灣的瘋狗浪分為兩個類型,第一個為隨 時出現型,會不斷地侵襲海岸,岸邊若有人垂釣或游泳,很容易被捲 入;第二個是突然發生型,因為海面上沒有大風浪的徵兆,因此巨浪 激起的那一瞬間難以預防。瘋狗浪好發地點包含靠近海邊的平台、海 堤邊的消波塊、突出海岸的礁石磯岩以及燈塔附近的防波堤;還有非 核定的海水浴場,例如海底礁石較多的海灘。根據研究指出,當有人 被浪擊落海時,於實測波浪資料中並沒有觀察到忽然出現一個特殊大 浪,而是在海象不好時(即浪大),偶爾有幾個波高較大的浪逼近,而 造成瘋狗浪事件發生。此外,要將人擊落海的浪需有「越波」的現象 發生。當浪的波高與週期較大時,有些波浪會越過防波堤或礁岩,因 為實海域每一個浪的波高與週期都不太一樣,並不是在同一海況下所 有浪都會越波。

東部海岸公路受到浪襲所引致的災害除了對用路人行車安全造 成威脅,更讓業管單位的現場巡檢人員受到一定的風險,且港區防波 堤可能受颱風波浪越波造成破壞。鑒於許多浪襲意外與越波有關,惟 越波及浪襲尚無現場觀測數據或影像等直接資訊,遂應針對海浪溯升 情況進行監測,依據溯升計觀測數據和海岸即時影像監測畫面,來預 測是否有越波發生,提供業管單位越波、浪襲資訊的警示資訊。


(a) 2015/08/08



(b) 2016/09/27



(c) 2018/9/28 晚間 61K+400 浪襲影像



(d) 2023/05/30 台 11 線 56.7 公里處

資料來源:(a)(b)自由時報網站(<u>https://news.ltn.com.tw/news/life/breakingnews/1405399</u>)、(c)陳冠 宇等人,2021,花蓮海岸公路浪襲預警及防災應用技術之研究(1/2)-浪襲預警系統建 置、(d)中時新聞網 https://www.chinatimes.com/realtimenews/20230530001819-260405?chdtv

圖 1.19 浪襲台 11 線海岸公路事件現場概況

		• • • • • • •	• •		- •			
編號	日期	標題	事件地點	颱風	災情	管制措施		
	2015/8/8	人定不勝天!?花蓮「人定勝天碑」不見	台 11 線	強颱	單線	單線雙向		
1	2013/8/8		62.1K	蘇迪勒	地基流失	通行		
來源:自由時報 https://news.ltn.com.tw/news/life/breakingnews/1405399								
	2015/8/8	花蓮「人定勝天碑」遭捲入海! 台 11	台11線	強颱	單線	單線雙向		
2	2013/0/0	線先開放單線雙向	62 ~ 63K	蘇迪勒	地基流失	通行		
	來源:ETto	oday 新聞 https://www.ettoday.net/news/201	50808/546984	.htm#ixzz6	6BjnF8DVT	T		
	2015/8/8	蘇迪勒肆虐 人定勝天碑也倒	台11線	強颱	淘空路基			
3			62K	蘇迪勒	• • •			
	來源:聯合	・新聞網 https://video.udn.com/news/354335	5	1		1		
	2015/8/9	颱風蘇迪勒強風豪雨 全台 5 死百傷災 は Lia	台 11 線	強颱	單線			
4		<b></b>	62K	穌迪勒	地基流失			
	來源:中央	社 https://www.cna.com.tw/news/firstnews/	201508080432	2.aspx	1			
	2015/8/23	大浪沖刷! 台 11 線邊坡崩落	台11線	強颱	路肩	架設護欄		
5			47.6K	天鵝	邊坡流失			
5	來源:華視	新聞 http://news.cts.com.tw/cts/general/201	508/20150823	1651845.h	tml#.Vdm1i4	u5 p8		
				I				
	2016/9/27	梅姬大浪拍擊台 11 線!漂流木、礫石飛	台11線	中颱	浪襲道路	全面封路		
6		上斥	62 ~ 63K	梅姬				
	來源:自由時報 https://news.ltn.com.tw/news/life/breakingnews/1838616					1		
	2018/9/28	台 11 線 61.5k 花蓮豐濱鄉人定勝天路	台11線	強颱	路基掏空	全面封路		
7		段路基掏空道路封闭 61.5K 潭美 21.244						
,	來源:公路	を源: 公路局 https://www.thb.gov.tw/sites/ch/modules/news/news_details?node=eeb33aa6-58a1-4d5d-						
	b6aa-28dd4	d5270b0&id=3283263d-71a8-4b13-8572-28	6f3d39e232	1	1	1		
	2018/9/28	颱風掏空路基 海岸公路花蓮豐濱鄉段	台11線	強颱	路基掏空	全面封路		
8		封閉至 10 月 1 日	61.5K	61.5K 潭美		1 1 1 1 1		
	來源:中時	https://www.chinatimes.com/realtimenews/	/20180928004	176-26040	2?chdtv	1		
	2018/9/29	台 11 線人定勝天路段路基掏空 緊急搶	台11線	強颱	路基掏空	單線雙向		
9	修明天上午恢復通行 61.5K 潭美 通行							
來源:新頭殼 https://newtalk.tw/news/view/2018-09-29/145822						1		
10	2018/9/29	潭美掀浪!花蓮台 11 線豐濱人定勝天路	台11線	強颱	路基掏空	單線雙向		
		段路基摘空 道路封闭	61.5K	潬美	潭美 通道			
	來源:ETto	oday 新聞雲 https://www.ettoday.net/news/	20180929/126	59316.htm	1	1		
	2018/9/29	潭美颱風掀浪 花蓮台 11 線豐濱段路基	台11線	強颱	路基掏空	單線雙向		
11		ac 61.5K 潭美 通行						
	2018/9/30	搶修 8 小 時	台11線	強颱	路基掏空	單線雙向		
12		H the way is not a con an 16 the 1. va /-	61.5K	早夫		进行		
1	米源:聯合	.源:聯合新聞網 https://news.housefun.com.tw/news/article/162895208427.html						

表 1-7 相關浪襲台 11 線海岸公路事件新聞蒐集

資料來源:陳冠宇等人,2021,花蓮海岸公路浪襲預警及防災應用技術之研究(1/2)-浪襲預警系統建置

### 1.9.5 花蓮海岸公路浪襲預警系統概述

花蓮台 11 線豐濱鄉人定勝天路段(61k+250~63k+000),於颱風影 響期間易受長浪侵襲,波浪可能夾帶砂石襲擊路面或護岸,造成民眾 通行安全疑慮或路基流失致使通行中斷,如 2015 年蘇迪勒颱風和 2018 年潭美颱風期間出現路基掏空,而 2016 年梅姬颱風期間則有浪 襲道路的情況。公路局需於颱風期間派員駐點守視路段狀況,實施預 警性或緊急性封路,應變作業採用即時觀測資訊,缺少海象預報資訊, 預警及應變較為困難。

本所繼 2017 年建置完成「臺東海岸公路浪襲預警系統」後,於 2020 年與國立中山大學合作,針對花蓮台 11 線海岸公路,運用水動 力數值模式模擬颱風波浪溯上情境,並整合臺灣東部海域之海象觀測 資料,建置「花蓮海岸公路浪襲預警系統」,提供24小時之浪襲預警 資訊,做為浪襲封路之決策輔助參據。透過花蓮海域歷年海象條件及 颱風事件進行研究分析,發展出可推算颱風波浪在海岸公路溯上之技 術,針對人定勝天路段,應用數值模式進行多變數情境分析。根據模 擬結果建立颱風波浪溯上資料庫,並依公路局浪襲防災標準,研提參 考行動指標(燈號),建立「花蓮海岸公路浪襲預警系統」,預警系統整 合本所(1)花蓮港波浪、潮位海象觀測資訊,(2)港灣環境資訊網提供之 每日波高、潮位預報資訊,(3)波浪溯上資訊,透過公路管理單位專屬 網頁展示該路段 24 小時預報之警戒燈號,燈號分安全 ( 綠 )、預警 (黃)、警戒(橙)及封閉(紅)4種等級,如圖 1.20 所示,讓公路 管理單位與第一線人員都可隨時隨地經由電腦或手持裝置進行查詢, 即時掌握此具預報性之封路輔助資訊,以預為因應,俾提高颱風期間 用路人之安全性,降低行車風險。

1-25



## 圖 1.20 花蓮海岸公路浪襲預警系統畫面及燈號

# 第二章 溯升與越波資料蒐集

本計畫所針對溯升與越波觀測資料進行蒐集,分為溯升計與影像 觀測兩種不同方式。溯升計方面,於適當位置安裝溯升感測器(於台11 線人定勝天路段設置3個斷面),以利蒐集溯升或越波相關資料,此 屬於侵入式的觀測,其技術相對影像判釋上單純,惟設置位置、感測 器維護運作、訊號率定與傳輸等考量上需要透過現地勘查來評估;影 像觀測方面,主要蒐集既有網路攝影機影像資料,並配合影像判釋技 術進行分析,其屬於非侵入式觀測,相對上較不受環境因素影響,導 致觀測設備破壞,惟其在分析技術上相對較為複雜,且需透過多方校 驗才能確認分析技術之可靠性。此二種不同觀測資料蒐集方法概述如 後。

## 2.1 溯升計觀測資料蒐集

本計畫 112 年度持續於台 11 線人定勝天路段建置溯升觀測站, 用以記錄並回傳波浪溯升與越波的逐時資料。該海岸段現況如圖 2.1 所示,圖中左側電桿上方設有本所攝影設備,本計畫乃於該路段臨海 側之消波塊上布設溯升感測器,建構 3 個斷面之溯升觀測站。該設備 為接觸式量測,可在颱風事件或顯著越波事件發生時,持續進行量測, 不受驟雨或夜間能見度低的影響,用以做為後續影像判釋成果的比對 驗證,提升海岸公路浪襲預警系統預警成效。

實際應用於現場,溯升觀測站乃以2赫茲觀測頻率記錄感測探頭 測得電壓值,用以界定海水是否已到達感測探頭高度;獨立電源功能 採用太陽能充電、鋰電池儲電方案,足供本計畫期間使用電量;設備 防水防塵特性乃透過聚碳酸酯外殼及矽利康澆注方式達成;即時傳輸 功能部分,為改善電信訊號因海堤屏蔽造成訊號不良,乃設置儀器箱 (訊號中繼站),在蒐集堤前感測器的觀測資料後,利用國內電信商所 提供4G通訊方案,回傳逐時溯升觀測資料。

儘管感測器本體機構設計具防水防塵、抗壓等耐候特性,惟臺灣 位處極端氣象環境,仍有可能因不可抗拒外力導致破壞或設備遺失,

2-1

本計畫將於事件發生後,在施工安全無虞前提下,以備品支應,恢復 觀測。



圖 2.1 台 11 線人定勝天路段海岸斷面現況(攝於 112/05/26)

### 2.1.1 溯升觀測站建置

本計畫執行期間,於112年5月26日辦理溯升計設置位置現勘 作業,根據現況條件擇定感測器布放位置,並於當日完成現場安裝。 由於現場消波塊採不規則拋放方式,考量感測器太陽能板受光角度, 以及施工安全性,最終決定在北、中、南側路段等3處斷面,分別設 置2至3只感測器,布設位置與高程如表2-1所示。感測器編號如圖 2.2 所示。資料傳輸中繼站則是延用計畫前期(111年)設備,並執行 維運工作確保正常資料傳輸,如圖2.3 所示。

	編號	緯度	經度	<b>高程</b> (公尺)
上自断石	1	301414.07	2600633.71	6.92
	2	301418.39	2600636.61	4.24
中国戦ち	3	301424.53	2600583.46	7.11
	4	301427.79	2600582.53	4.69
	5	301445.99	2600517.35	8.72
南側斷面	6	301445.09	2600520.94	7.15
	7	301448.54	2600523.56	6.01

表 2-1 花蓮縣台 11 線人定勝天段溯升計安裝位置



註:圖中數字為感測器編號

圖 2.2 花蓮縣台 11 線人定勝天段溯升感測器安裝完工圖



圖 2.3 花蓮縣台 11 線人定勝天段溯升觀測站之訊號中繼站位置圖

### 2.1.2 溯升觀測站建置溯升計觀測資料蒐集與分析

本(112)年度溯升觀測站歷經瑪娃、杜蘇芮、卡努、蘇拉及海葵等 颱風事件,期間成功記錄浪襲高度變化,並在現場網路環境許可時, 回傳逐時觀測資料至 FTP站,如圖 2.4 所示。回傳的逐時觀測資料記 錄欄位包括感測器編號、最大感測電壓、最大感測電壓發生時間、電 池電壓等。另透過溯升觀測資料自動分析程式,逐時分析感測器回傳 之觀測資料,產出溯升高度時序列資料,分析最大感測電壓是否大於 閥值,即可獲得溯升高度時序列資料,欄位包括觀測時間與最大溯升 高度等,對於後續影像判釋浪襲高度及機器學習溯升模型校準有相當 助益。

值得一提的是,北側感測器 (編號 2) 曾在颱風影響期間遭遇波 浪夾帶石塊的強烈襲擊而損壞,如圖 2.5,即在氣海象條間允許、施 工安全無虞前提下,以備品支應,恢復觀測。

檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 傅軸(T) 伺服器(S) 書鏑(B) 說明(H)						
揺 -   副 🎦 🗮 😂 🎠 🕄   王 🔅 🤗 🦚						
主機(H):	主機(H): 使用者名稱(U): 密碼(W): 連接埠(P): 快速連線(Q) ▼					
本地站台: C:\ ~	遠端站台: /RUNUP_CSV		~			
□桌面 ^						
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	🖶 💮 data					
🖻 📲 C:	ncku_upload					
in the second s	Node_Parameter					
< >	RUNUP_CSV					
檔案名稱 ^						
			144 177 TTU			
Recycle.Bin		福案大小	福案類型			
SWinREAgent						
Config.Msi	BeiMan.csv	12,850	Microsoft Excel 逗點分隔			
Documents and Settings	Harbor_Marine_Tech_N.csv	2,679	Microsoft Excel 逗點分隔			
HP Universal Print Driver	Harbor_Marine_Tech_S.csv	159	Microsoft Excel 逗點分隔			
Intel	HUA-REN.csv	114	Microsoft Excel 逗點分隔			
MSOCache	MiTuo.csv	102,218	Microsoft Excel 逗點分隔			
PerfLogs	a runup.csv	13,174,455	Microsoft Excel 逗點分隔			
Program Files	SIN-CHENG.csv	15,461	Microsoft Excel 逗點分隔			
<pre></pre>	<		>			
9. 個檔案 脚 16. 個日集 幼共士小	(用塩素 第16 (用日集 約井土小) 潮取 2 (用塩素 約井土小) 2 2 2 ( 位元组)					

圖 2.4 建置 FTP 站接收溯升觀測站回傳之逐時觀測資料



圖 2.5 北側斷面感測器因不可抗拒因素毀損 (左圖), 並以備品支應,恢復觀測 (右圖)

## 2.2 影像觀測資料蒐集

依據往昔影像分析相關研究可知,影像判釋技術可分為「非學習 型」與「學習型」兩類,前者需要因地制宜進行調校(例如:亮度、顏 色和對比度等)才可獲得可靠的結果,後者則透過機器學習或深度學 習的方式,可更好的運用在不同的觀測條件上,甚至可提升環境背景 較差情境下時之判釋可靠度,惟此方式需要蒐集數千筆以上的資料以 建立學習所需之資料樣本。無論是上千筆資料之蒐集、前處理和校正, 或是圖像以人工或演算法的方式進行標註,都需要相當的時間、人力 和物力。除此之外,以深度學習於溯升方面之判釋,現階段是在實驗 室下進行之成果(den Bieman et al., 2020),運用到現地除了有「大量圖 像標註」之需求外,「良好的影像品管」亦是另一個需要建立的基礎 任務。於前期計畫觀測經驗中,因近年來發生颱風事件次數降低,使 越波影像資料數量較少。若要以目前資料來發展現地「學習型」影像 分析方法,仍有樣本不足之困難,因此,本計畫將會以「非學習型」 的影像分析法為主要發展目標,並持續建置影像資料庫,以做為未來 「學習型」判釋方法發展之基礎。

而於前期計畫中,主要是以「日間」影像判釋方法建置為主,並 以五種天氣情境方式呈現其影像分析特性,包含陰晴(上午)、下雨(上 午)、下雨(下午)、大浪(無雨)與颱風事件等五種情境。然而,該路段 原有之光學攝影機受路桿零件脫落影響造成損毀,維修後尚無法完全 回復其原有功能,故而更換攝影設備。業於今年5月12日完成新機 裝設,且為配合本年度計畫需求,除裝設一部光學攝影機外,另增設 一部熱成像攝影機,以同步拍攝日間與夜間畫面。本計畫主要透過熱 成像攝影機輔以光學攝影機,提供夜間水線判釋所需之影像,目前於 瑪娃颱風期間蒐錄到日夜間的降雨和非降雨期間的影像資料,各情境 分述如下。

1. 颱風期間日間影像

圖 2.6 颱風期間尚未下雨的光學和熱成像日間影像,圖 2.7 則為 有下雨的影像資料。比較兩者的差異可以發現到,在沒有日間沒有降 雨的時候,無論是光學或熱成像影像皆可提供水體、道路、消波塊和 山壁等影像特徵。相對的,當降雨的時候光學影像會因為鏡頭表面附 著的雨滴和降雨,導致畫面整體皆呈現相當模糊的情況。而熱成像影 像此時則相對仍能提供不錯的影像特徵。

造成日間影像於雨天時的差異性,可能來自於攝影機結構型式的 不同,且熱成像攝影機位於光學攝影機的下方,故雨滴附著於鏡頭表 面的機會和時間較小。另一方面,由於熱成像是透過偵測和測量物體 發出的紅外線輻射,雖然雨滴在下落時仍帶有一定的溫度,但由於雨 滴的體積小,移動快速,故在熱成像影像上反而被濾除。

2. 颱風期間夜間影像

在颱風期間尚未下雨的夜晚,熱成像影像很顯著的優於光學影像,可呈現豐富的影像特徵,如圖 2.8 所示。然而,相對於日間的時候,因水體、消波塊和公路因輻射冷卻導致溫度較為接近,特徵差異較小的情況將增加水線判釋的困難。圖 2.9 為夜間降雨的資料,即便是熱成像影像仍呈現相當模糊幾乎無法辨識的情況。造成這個結果的可能原因在於降雨導致整體環境的溫度相當接近,或是因為過大的雨勢影響紅外線傳播,致使熱成像影像無法提供清晰的影像特徵。

於本年度計畫中,將持續蒐集「日、夜間」影像資料,並持續以 不同情境進行分析比對,以探討各情境影像特性。



(a)光學影像



(b)熱成像影像 圖 2.6 颱風期間日間(a)光學影像和(b)熱成像影像(無兩)



(a)光學影像



(b)熱成像影像 圖 2.7 颱風期間日間(a)光學影像和(b)熱成像影像(有兩)



光學影像



(b)熱成像影像 圖 2.8 颱風期間夜間(a)光學影像和(b)熱成像影像(無兩)



(a)光學影像



(b)熱成像影像 圖 2.9 颱風期間夜間(a)光學影像和(b)熱成像影像(有兩)

## 第三章 溯升與越波觀測資料分析

本計畫之溯升與越波觀測資料分析工項主要精進前期計畫影像 判釋技術,使其增加能夠用於「夜間」影像判釋之功能,並持續分析 影像判釋資料,及與「溯升計」與「人為判釋」資料進行檢核,以確 認目前判釋技術之可靠性。

### 3.1 影像判釋技術精進

本節將對影像資料進行分析、統計及處理,研發自動判釋海岸線的技術,整個程式依序分為預處理(pre-processing)、第一次影像辨識 (first image recognition),以及第二次影像辨識 (second image recognition)等3個階段,各階段流程如圖 3.1 所示。



圖 3.1 海岸線判釋技術流程圖

以下先大致介紹各階段之主要目的,詳細資訊於後續討論。首先, 程式將對原始的影像資料進行預處理,此階段使用濾波器去除影像中 的雜訊及增進同性質區塊的色彩均勻度,轉換後的色彩空間將有助於 後續的處理。第二階段在預處理後的影像上選擇感興趣區域,使用 Kmeans 分群法進行影像分割(image segmentation),藉由統計的方法決 定出水體分群,可獲得水體與非水體之二值影像,再經後處理取得第 一次影像辨識之海岸線。為了獲得更精確的海岸線,第三階段以前階 段結果為參考基準,將海岸線於影像中涵蓋的範圍進一步劃分為四個 區域,分別進行與前階段相同的處理流程,即取得第二次影像辨識之 海岸線。但並非所有影像皆會進入第三階段,程式將藉由第一次影像 分割的結果計算特定的參數指標,協助判斷當前影像是否需要更進一 步處理。為了敘述方便,本文先以圖 3.2 及圖 3.3 做為範例影像,再 於後續章節展示影像處理的效果,範例影像之天氣情境分別為「陰晴 且小浪」與「下雨且大浪」。



圖 3.2 陰晴且小浪之範例影像



圖 3.3 下雨且大浪之範例影像

### 3.1.1 影像預處理

在數位影像的擷取和傳輸過程中,存在著各種因素,例如感光元 件噪點、環境光源變化、壓縮損失或攝影設備電路異常等,這些因素 可能導致影像中出現不規則的錯誤資訊,亦即雜訊,這些雜訊對於後 續的程式處理判斷造成了影響。為了解決這個問題,需要先進行影像 品質的改善,以使影像更適合後續的處理過程,這個改善影像品質的 過程即為影像預處理階段。

本計畫影像預處理階段包含採用高斯濾波器 (Gaussian filter)進 行模糊化與去除雜訊,再以非等向性擴散濾波器 (anisotropic diffusion filter)強化物體邊緣位置,最後進行色彩空間轉換 (color space transformation),各步驟方法分述如下。

1. 高斯濾波器

數位影像在擷取與傳輸的過程中,由於環境光源變化或是攝影 設備電路異常等因素,導致影像中某幾個位置相比於鄰近像素值特 別高或特別低,這類高頻部分使視覺上產生不連續感,將被認定是 影像的雜訊。以圖 3.2 為例,原本應該色彩均勻的海面,卻有幾點 為像素值特別低的深藍色,這些不自然的變化即為影像中的雜訊。 雜訊不僅會降低影像品質,亦能對影像處理之結果造成誤差,甚至 產生非預期的錯誤。因此,影像判釋技術的第一步必須先將雜訊濾 除,同時提高影像品質及後續處理的準確性。

濾波器,又稱遮罩,在影像處理和電腦視覺領域中常被用於消除或降低影像中的雜訊,其主要原理是透過特定的數學運算修改影像中的像素值,不同的濾波器具有不同的特性與其獨特的運算規則。一般而言,濾波器是一個具有權重、且邊長為奇數的方形矩陣, 其主要概念係將濾波器覆蓋到指定影像的每個像素上進行計算,隨 著濾波器覆蓋的中心點,將所覆蓋影像中的每一個像素由左而右、 由上而下依序移動計算,計算所得結果將會取代當下濾波器中心點 對應的影像像素值,如圖 3.4 所示。此外,若待處理的像素位於影

3-3

像邊界,即部分濾波器會超出影像範圍,則將影像邊界進行鏡射處 理,如圖 3.5 所示。



圖 3.4 濾波器運算規則示意圖

2	2	3		邊界
_2	2	3	1	0
1	1	0	0	1
	0	2	0	0
	1	1	0	0

圖 3.5 影像邊界鏡射示意圖

本計畫採用高斯濾波器進行雜訊處理,其為低通濾波器(low pass filter)的一種,其能夠有效濾除影像中的高頻像素值,同時減少對低頻像素值的干擾。根據數學運算的方式,高斯濾波器亦為一種線性濾波器(linear filter),不同於均值濾波器(mean filter)將濾波器的權重設為定值,高斯濾波器的權重將隨著與濾波器中心點的距離增加而減少,因其考量到周圍像素值對中心像素值的影響,能有效降低雜訊並保留大部分的邊緣特徵。本計畫之高斯濾波器邊長設為3 且標準差設為 0.5,權重值如圖 3.6 所示。原始影像在經過高斯濾 波器作用後像素值會有些為改變,但需要細看才會發現有些許變 化,不仔細看很難察覺不同。為了發現較為明顯的差異,須檢視最 終的水線判釋結果,如圖 3.7 與圖 3.8 分別為高斯濾波器使用前後 差異,於較大溯升發生時,有使用高斯濾波器之水線較靠近公路, 涵蓋較多水體,判釋結果較為保守。

0.0113	0.0838	0.0113
0.0838	0.6193	0.0838
0.0113	0.0838	0.0113

圖 3.6 本計畫使用之高斯濾波器



圖 3.7 高斯濾波器使用前之影像判釋結果



圖 3.8 高斯濾波器使用後之影像判釋結果

2. 非等向性擴散濾波器

雖然高斯濾波器能夠降低影像中的高頻雜訊,但還是會將海岸 線等邊緣特徵模糊化,且僅憑高斯濾波器的作用還不足以於影像分 割階段得到良好的分群結果。本計畫參考 Paravolidakis et al. (2018) 對空拍影像的預處理過程,利用 Perona and Malik (1990)提出的非 等向性擴散濾波器(anisotropic diffusion filter),進一步處理經高斯濾 波器之影像。非等向性擴散濾波器能強化海岸線等主要邊緣,同時 抑制水體和其他區塊內的弱邊緣及雜訊,使相同區塊內的色彩均勻 度提高,此特性非常有利於影像分割作業,處理結果如圖 3.9 所示。



(處理前)



(處理後) 圖 3.9 非等向性擴散濾波器處理前後之範例影像

3. 色彩空間轉換

國際照明委員會(International Commission on Illumination, CIE) 將色彩空間定義為色彩於空間中的幾何表示,通常具有三個維度。 視訊影像使用的色彩空間是為確保不同顯示設備之間的色彩一致 性和兼容性而制定的標準,這些標準由各種不同的團體所決定,如 電影電視工程師協會(Society of Motion Picture and Television Engineers, SMPTE) 以及國際電信聯盟(International Telecommunication Union, ITU)等,常見的標準則有 sRGB、Adobe RGB、ProPhoto RGB、電影行業常使用的 DCI-P3 及目前最新的 4K-UHD。這些標準的存在皆為了呈現人眼能辨識的所有色度,即圖 3.10 所示的 CIE 1931 色度圖(chromaticity diagram)範圍,不過由於 技術限制及實際考量,只能呈現色度圖中的某一範圍,此範圍被稱 作色域(color gamut)。為了完整定義視訊影像使用的色彩空間,需 要特別說明以下三點:

- (1) 三原色(primary colors)的色度值
- (2) 白點(white point)的色度值





三原色為紅色、綠色及藍色,色度值為圖 3.10 上的座標值,彼 此倆倆相連即形成色域。除了三原色外, 白點的色度值亦需被定義, 一般來說,照明體的不同也會影響色彩的呈現,影像處理通常採用 CIE 標準照明體(CIE standard illuminant) D65, D 代表日光, 65 則 表示 6504K 的色溫。線性光值為物理世界中的三刺激值(tristimulus value)的一種,即未經過伽瑪校正(gamma correction)的 RGB, 顯示 器為了人眼對於亮度的感知均勻性(perceptual uniformity)及減少編 碼值所需的位元數,將線性光值進行指數運算形成編碼值,即為像 素值(pixel value),此指數則稱為伽瑪值。

本計畫使用 sRGB 色彩空間記錄影像,此色彩空間為最早通用 於國際的標準,由微軟(Microsoft)及惠普(Hewlett Packard, HP)兩間 公司共同定義,隨後被國際電工委員會(International Electrotechnical Commission, IEC)正式規範(IEC 61966-2-1, 1999)。sRGB 色彩空間 三原色及白點色度值參考 ITU-R BT.709 建議書(Recommendation ITU-R BT.709, Rec 709),如表 3-1 所示,但卻採用不同的伽瑪曲線 做為轉換函數,方程式如下:

$$T = \begin{cases} \frac{1}{12.92} V_{sRGB} & \text{if } 0 \le V_{sRGB} \le 0.0031308 \\ \left(\frac{V_{sRGB} + 0.055}{1.055}\right)^{2.4} & \text{if } V_{sRGB} \ge 0.0031308 \end{cases}$$

式中,T為三刺激值,此處代表線性之 RGB,值域為[0,1];V<sub>sRGB</sub>則 代表視訊影像編碼值,值域亦為[0,1]。

	Red	Green	Blue	White, D65
х	0.6400	0.3000	0.1500	0.3127
У	0.3300	0.6000	0.0600	0.3290

表 3-1 sRGB 色彩空間三原色及白點色度值

CIE 於 1976 年建立了 L\*a\*b\*色彩空間,三分量分別為代表光線明亮程度的 L\* (lightness),及一組代表色彩的 a\*與 b\*,L\*的值域為[0,100],數值越大代表亮度越亮;a\*與 b\*的值域皆為[-128, 127),a\*由小到大為綠色至紅色,b\*則為藍色至黃色。此色彩空間

與 sRGB 色彩空間最大的不同在於, sRGB 色彩空間記錄的數值包 含了亮度資訊及色彩資訊, L\*a\*b\*色彩空間則將亮度資訊儲存在 L\*分量, 色彩資訊儲存在 a\*及 b\*分量,且 L\*a\*b\*色彩空間的設計 是為了達成感知均勻性 (perceptually uniformity), 意思是若任意兩 組於人眼感知上具有相同色差的色彩,於 L\*a\*b\*色彩空間中將具 有相同的直線距離,於 sRGB 色彩空間中將會不相等,這些特性有 利於後續的影像分割。為了將 sRGB 色彩空間轉至 L\*a\*b\*色彩空 間,需藉由不同的轉換函數,轉換流程如圖 3.11 所示。其中,將 sRGB 色彩空間轉換至線性光 RGB 色彩空間的轉換函數已於式(3-1)所提及,其餘兩個轉換函數分別為:

(1) 線性光 RGB 色彩空間與 XYZ 色彩空間之轉換函數:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.412453 & 0.357580 & 0.180423 \\ 0.212671 & 0.715160 & 0.072169 \\ 0.019334 & 0.119193 & 0.950227 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$
(3-2)

(2) XYZ 色彩空間與 L\*a\*b\*色彩空間之轉換函數:

$$L^{*} = \begin{cases} \left(\frac{116}{12}\right)^{3} \frac{Y}{Y_{N}}; & \text{if } \frac{Y}{Y_{N}} \le \left(\frac{24}{116}\right)^{3} \\ 116 \left(\frac{Y}{Y_{N}}\right)^{\frac{1}{3}} - 16 & \text{if } \left(\frac{24}{116}\right)^{3} < \frac{Y}{Y_{N}} \end{cases}$$
(3-3)

$$a^* = \frac{125}{29} \left[ L^* \left( \frac{X}{X_N} \right) - L^* \left( \frac{Y}{Y_N} \right) \right]$$
(3-4)

$$b^* = \frac{50}{29} \left[ L^* \left( \frac{Y}{Y_N} \right) - L^* \left( \frac{Z}{Z_N} \right) \right]$$
(3-5)

式(3-3)、式(3-4)及式(3-5)中的 $X_N$ 、 $Y_N$ 及 $Z_N$ 是白點於 XYZ 色彩空間 的數值,藉由 sRGB 色彩空間定義的白點並搭配式(3-6)及式(3-7)可 求得 $X_N$ 為 0.9505、 $Y_N$ 為 1.000、 $Z_N$ 為 1.0888,下標N表示正規化 (normalization),Y為相對光亮度(relative luminance),正規化後的值 域為[0,1]。

$$X = \frac{x}{y}Y \tag{3-6}$$

$$Z = \frac{1 - x - y}{y} Y \tag{3-7}$$



### 3.1.2 第一次影像辨識

本節在經預處理後的影像上選擇感興趣區域,使用 K-means 分群 法依照色彩特徵將此區域分為數個分群,包含水體及非水體如山壁、 公路及消波塊等,利用對應的色彩資訊決定出這些分群為水體或是非 水體,便能夠將影像二值化,再經後處理即可獲得第一次影像辨識之 海岸線。此階段包含感興趣區域(region of interest, ROI)、K-means 分 群法(K-means clustering algorithm)、決定水體分群(water cluster determination)、二值影像(binary image)以及後處理(post-processing)。 為了後續說明需要,此節將同時展示圖 3.2 及圖 3.3 之影像處理結果。

1. 感興趣區域

由範例影像可知,本計畫使用影像之海岸線並非遍布於整張影像,而是集中在影像右下角,唯有越波發生或是溯升高程較大時, 才有機會侵襲路面並稍為佔據影像左半邊。將不需分析之區域剃除 有助於程式運作效率,因此本計畫縮小影像分析範圍,將範例影像 進行裁切,在確保能夠完整捕捉越波或溯升的前提下,選定感興趣 區域,如圖 3.12 所示黃色區域,第一次影像辨識皆針對經預處理的 感興趣區域(圖 3.13)進行分析。



圖 3.12 感興趣區域於影像中之相對位置



圖 3.13 陰晴且小浪(左)及下雨且大浪(右)之感興趣區域

2. K-means 分群法

K-means 分群法(Lloyd, 1982)為機器學習(machine learning)中 非監督式學習(unsupervised learning)的一種。其原理係依據空間中 資料間的距離大小,將整個資料集劃分為K個分群,根據指定的K 值,能自動識別資料中隱藏的特徵及相似度,並加以分門別類,達 到群集間相似度(inter-cluster similarity)低且群集內相似度(intracluster similarity)高的特性,即群集內資料與其群心的組內平方和 (Within-Cluster Sum of Squares, WCSS)達到最小。K-means 分群法 普遍用於解決分群問題,其理論上有依據、算法簡單明瞭、收斂速 度快,且能夠有效處理龐大的資料,在許多領域皆被廣泛的運用。 K-means 分群法首先會先根據人為設定的K值,於特徵空間中 隨機設定K個位置做為群心(cluster centroid),接著計算所有資料對 K個群心的歐幾里得距離(Euclidean distance,以下簡稱歐氏距離), 並將這些資料分配給最近的群心,形成K個分群。再針對K個分 群重新計算群心,也就是座標分量的算術平均值,做為新的群心。 若新群心與舊群心的距離差距過大,則重複分群步驟,直到低於設 定的距離門檻值,或是超過指定的迭代次數,代表分群完成。即, 假設有一組數量為n且維度為d的資料:

 $x_i \in R^d, i = 1, 2, \cdots, n$  (3-8)

欲將此資料集分為K群 {S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>,...,S<sub>K</sub>},使用以下公式計算分群內資 料與群心的誤差平方和,使其盡可能小:

$$\arg\min_{\mu} \sum_{c=1}^{K} \sum_{i=1}^{n_c} ||x_i - \mu_c||^2 \Big|_{x_i \in S_c}$$
(3-9)

其中, $\mu_c$ 為群心, $||x_i - \mu_c||$ 為歐氏距離。演算法先隨機設定 K 個群心:

$$\mu_c^{(0)} \in \mathbb{R}^d \, , \, c = 1, 2, \cdots, K$$
 (3-10)

計算分群到每一群體的樣本,(t)為第t次運算:

$$S_{c}^{(t)} = \{x_{i}: \left\|x_{i} - \mu_{c}^{(t)}\right\| \le \left\|x_{i} - \mu_{c*}^{(t)}\right\|, \forall i = 1, 2, \cdots, n\}$$
(3-11)

更新群心位置

$$\mu_c^{t+1} = \frac{sum(S_c^{(t)})}{n_c} = \sum_{i=1}^{n_c} x_i \Big|_{x_i \in S_c^{(t)}}$$
(3-12)

重複上面兩式直到群心不再發生明顯變動

$$S_c^{(t+1)} = S_c^{(t)}, \forall c = 1, 2, \cdots, K$$
 (3-13)

當所有群心收斂,則輸出分群 $S = \{S_1, S_2, \dots, S_K\}$ 。

K-means 分群法執行影像切割耗費的計算時間短,「山區洪水 偵測方法」(中華民國專利發明第1650529號)即採用 K-means 分群 法進行影像判釋,確實有效縮短影像判釋時效。此法利於本計畫得 到即時的結果,惟K值的決定需以人為方式判斷。在檢視分析集中 各種不同的K值分群結果後,本計畫將第一次影像分割之K值設 定為 6,圖 3.14 及圖 3.15 為圖 3.13 進行影像分割之結果,每個顏 色及對應編號皆代表不同分群。



圖 3.14 陰晴且小浪之感興趣區域影像分割結果



圖 3.15 下雨且大浪之感興趣區域影像分割結果

3. 決定水體分群

在獲得影像分割的結果後,需要進一步決定代表水體的分群。 本計畫對所有分群之群心數值(即該分群內所有像素於 L\*a\*b\*色彩 空間各分量平均值)進行統計分析,圖 3.14 及圖 3.15 分群編號對應 之群心數值如表 3-2 及表 3-3 所示,藍色網底代表該分群編號為水 體,橙色則代表非水體,為了方便檢視進一步繪製統計圖,如圖 3.16 及圖 3.17 所示,棕色數值代表感興趣區域之 L\*a\*b\*色彩空間三分 量平均值。藉由觀察上述圖表可發現,水體分群相對於非水體分群 之 L\*分量數值較大,並高於整體平均值;a\*分量數值則接近零,變 動幅度不大;b\*分量數值則小於零,同時小於整體平均值。綜合上 述觀察與分析之結論,本計畫利用水體像素值之特性歸納出判別 式,協助決定水體分群,不符合判別式則判定為非水體。

	14 7			
分群编號	L*分量	a*分量	b*分量	
1	45.15	3.47	2.33	
2	27.36	-4.17	3.64	
3	56.99	-1.35	-4.66	
4	24.97	1.01	-3.65	
5	25.85	3.19	1.58	
6	32.42	-6.10	11.72	

表 3-2 陰晴且小浪之感興趣區域各分群群心數值

100	一两五八八〇〇八之四八日月月〇天日		
分群编號	L*分量	a*分量	b*分量
1	73.50	-1.02	-3.99
2	22.40	-2.80	4.87
3	15.96	1.80	2.16
4	22.60	-6.06	13.20
5	28.33	1.79	-1.42
6	84.41	1.21	-3.76

表 3-3 下雨且大浪之感興趣區域各分群群心數值





4. 二值影像

藉由統計分析決定水體與非水體分群後,將水體分群像素值設 為最大值 (即白色),非水體分群像素值設為最小值 (即黑色),即可 獲得二值化之影像,主交界面即為初步之海岸線位置,圖 3.13 之二 值影像如圖 3.18 所示。



圖 3.18 陰晴且小浪(左)及下雨且大浪(右)之二值影像

5. 後處理

為了得到第一次影像辨識之海岸線,本計畫將對二值影像進行 後處理,主要步驟包括形態學運算(morphological operation)及區塊 填充。

形態學運算利用結構元素(structuring element)以及選定的運算 規則對二值影像邊界進行處理,能夠將細微的毛邊消去,呈現平順 邊界,且不影響整體結構。本計畫設定之結構元素為五乘五的方形 矩陣,如圖 3.19 所示;選用之運算規則為閉運算(closing operation), 即先進行膨脹運算(dilation operation),再進行侵蝕運算(Erosion operation),原理如圖 3.20 所示,處理結果如圖 3.21 所示。 區塊填充則是將大區塊內的小區塊進行填補,使二值影像上呈 現唯一的邊界,防止提取非海岸線的邊界座標,處理結果如圖 3.22 所示。



圖 3.19 形態學運算使用 之結構元素





圖 3.21 陰晴且小浪(左)及下雨且大浪(右)經閉運算之二值影像



圖 3.22 經陰晴且小浪(左)及下雨且大浪(右)經後處理之二值影像

6. 第一次影像辨識之海岸線

經預處理及第一次影像辨識後,提取二值影像前景(即二值影 像白色區域)之影像座標,繪製於圖 3.2 及圖 3.3 上,即為第一次影 像辨識之海岸線,如圖 3.23 及圖 3.24 所示。



圖 3.23 陰晴且小浪範例影像第一次影像辨識之海岸線



圖 3.24 下雨且大浪範例影像第一次影像辨識之海岸線

### 3.1.3 第二次影像辨識

第二次影像辨識主要針對第一次結果之不足進行修正,以圖 3.23 為例,可看出影像辨識之海岸線明顯偏離影像平面上呈現的海岸線, 其原因為靠近消波塊之水體顏色與路面相似,從圖 3.14 亦可看出 Kmeans 分群法將其歸類為同一分群。為了減少上述情況造成的誤差, 同時讓程式能夠自動判斷是否執行第二次影像辨識,本計畫以第一次 影像分割結果設定參數指標,分別為最大值指數以及平均值指數(詳 表 3-4),最大值指數定義為水體群心之 L\*分量最大值,平均值指數 則定義為感興趣區域之 L\*分量平均值,若影像辨識結果顯示最大值 指數大於等於 75 或平均值指數大於等於 45,認定此張影像具有高對 比度,經一次影像辨識即可獲得良好的結果,如圖 3.24;反之,表示 影像辨識結果略顯不足,還存有修正的空間,需再次辨識以貼近影像 平面上之海岸線,如圖 3.23,本節將繼續以其為範例進行第二次影像 辨識。為了能夠於後續區分影像是否進入第二次辨識,本文以深褐色 外框表示影像只需一次辨識,黑色外框則表示經過兩次辨識。

此階段包含劃分海岸線區域(shoreline region division)、K-means 分群法、決定水體分群、二值影像以及後處理,除了第一個步驟外, 其餘步驟大致與前次相同,重複部分本節將不再贅述。

範例影像天氣情境	最大值指數	平均值指數
陰晴且小浪	56.99	39.84
下雨且大浪	84.41	41.66

表 3-4 範例影像之最大值指數與平均值指數

1. 劃分海岸線區域

由圖 3.14 可知,靠近消波塊底部之水體因水深較淺,呈現與公 路相同之色彩,被認定為同性質區塊,此種情況常見於波浪溯降 (wave run-down)發生時,造成影像辨識產生誤差。為了降低誤差, 第二次影像辨識參考前次辨識結果,縮小影像分析區域,因應海岸 線形狀不規則,本計畫將涵蓋海岸線之區域劃分為四個矩形子區 域,如圖 3.25 所示。



圖 3.25 以前次辨識結果劃分海岸線區域

2. K-means 分群法

圖 3.25 中,四個黃色矩形區域皆需進行影像分割,若將此四個 區域分析細節完整敘述將造成連篇累牘,因影像處理步驟大同小 異,本文只針對最需修正的第二子區域(序數順序由上而下)進行說 明,如圖 3.26 所示,其餘區域將不再敘述。

為了捕捉更細微的色彩變化,第二次影像辨識之 K 值依子區 域序數分別為7、9、9、6,相比於前次,此階段分群數目將提高, 第二及第三子區域因消波塊底部水深較淺,且與消波塊反光後的顏 色相近,為了能夠有效地辨識水體,K 值相對較高;而第一及第四 子區域內地形組成相較簡單,K 值相對較低,圖 3.27 為影像分割結 果,因影像較小且分群較多,無法逐一標明分群標號,僅提供各分 群群心數值及統計圖,如表 3-5 及圖 3.28 所示,協助決定水體分 群。數值統計圖表明水體群心之 L\*分量依舊大於非水體,且高於 整體平均值;a\*分量則出現較高的數值,且 b\*分量有高於零的情況 發生,此兩點歸因於像素點大幅減少且分群數目提高,反映出更微 小的變化,故水體分群判別式於此階段將隨之更改,以符合期望之 結果。



圖 3.26 第二子區域



圖 3.27 第二子區域影像分割結果



•			
分群編號	L*分量	a*分量	b*分量
1	58.26	2.96	0.79
2	52.12	-0.90	-4.18
3	27.42	3.72	2.92
4	39.31	3.72	2.10
5	22.49	0.58	-1.71
6	54.39	-2.58	-5.39
7	27.00	2.75	0.44
8	56.26	-1.97	-3.86
9	53.17	1.80	-2.48

表 3-5 第二子區域各分群群心數值

3. 第二次影像辨識之海岸線

繼續進行與第一次影像辨識相同步驟,可得第二子區域之二值 影像,如圖 3.29 所示,經後處理如圖 3.30 所示。最後再將四個子 區域經後處理所得之二值影像邊界座標繪製於圖 3.2 上,即為第二 次影像辨識之海岸線,如圖 3.31 所示。經過與圖 3.23 比對後可以 發現,不只第二子區域貼近影像平面上之海岸線,第三子區域也同 樣增加辨識正確率,成功降低了第一次辨識產生的誤差。



圖 3.29 第二子區域後處理前之二值影像



圖 3.30 第二子區域後處理後之二值影像



圖 3.31 陰晴且小浪範例影像第二次影像辨識之海岸線

### 3.1.4 熱成像

熱成像因缺乏色彩資訊,在影像分類上屬於灰階影像(grayscale image),代表影像只有亮度資訊,故處理方式與前述的色彩影像有所 不同但差異性不大,差別只在於熱成像在程式設定上只經過一次影像 辨識階段,且提取水體分群步驟主要利用水體分群於空間上面積較大 且緊密連接的特性,與非水體分群之特性大相徑庭。

範例影像以圖 3.32 為例,於感興趣區域之 K-means 分群法結果 如圖 3.33 所示,程式將選取紅框內連續面積大於門檻值的分群做為 水體分群,再經後處理之二值影像如圖 3.34 所示,找出交界面之影像 座標並繪於圖 3.32 可得影像判釋結果如圖 3.35 所示。



#### 圖 3.32 熱成像範例影像



圖 3.33 熱成像之 K-means 分群法結果


圖 3.34 後處理後之熱成像二值影像



圖 3.35 熱成像範例影像之影像判釋結果

## 3.1.5 影像描述

為了能將二維的影像資訊連結到現實世界的三維空間座標,一般 文獻上採用針孔相機模型(Bechle et al., 2012、Liu and Wu, 2019),如, 利用共線方程建立影像像素座標( $u_0, v_0$ )和空間座標( $X_0, Y_0, Z_0$ )間的關 係。

$$u_0 - u_c = -f \left[ \frac{m_{11}(X_0 - X_c) + m_{12}(Y_0 - Y_c) + m_{13}(Z_0 - Z_c)}{m_{31}(X_0 - X_c) + m_{32}(Y_0 - Y_c) + m_{33}(Z_0 - Z_c)} \right]$$
(3-14)

$$\nu_0 - \nu_c = -f \left[ \frac{m_{21}(X_0 - X_c) + m_{22}(Y_0 - Y_c) + m_{23}(Z_0 - Z_c)}{m_{31}(X_0 - X_c) + m_{32}(Y_0 - Y_c) + m_{33}(Z_0 - Z_c)} \right]$$
(3-15)

其中,f為相機焦距, $u_c$ , $v_c$ 為影像的中心位置, $m_{ij}$ 為相機旋轉矩陣參數、 $X_c$ , $Y_c$ , $Z_c$ 為相機的空間座標位置(圖 3.36)。



共線方程之參數可分為內參數(f,u<sub>c</sub>,v<sub>c</sub>)和外參數(m<sub>ij</sub>,X<sub>c</sub>,Y<sub>c</sub>,Z<sub>c</sub>), 內參數一般採用棋盤圖(checkerboard)的方式進行相機率定,但由於現 場條件不易進行,故假設u<sub>c</sub>和v<sub>c</sub>位於影像中心處,f則在求解外參數 的過程以試誤法調整。外參數的求解需透過在影像範圍內進行控制點 量測,藉此建立求解未知外參數所需之方程數目,根據 Bechle et al.(2012)建議需至少15個控制點。因此,研究人員於2023年5月24 日和26日以 GENSS 進行控制點量測(圖 3.37),共量測31個點,將 其中15個做為控制點,其餘16個做為校驗點進行誤差分析,分別用 於光學影像和熱成像影像(灰階)的參數計算。

在光學影像的部分,將校驗點的空間座標 X、Y 和 Z 帶入共線方程,可得到計算出來的像素座標 u 和 v。接著計算與量測之像素座標 的距離,可得到平均誤差為 4.8 pixel,最大值為 18.0 pixel,最小值為 0.8 pixel,如圖 3.38 所示。為了確保產出之影像上各點高程之合理性, 需確認座標轉換使用之控制點和校驗點的量測成果與 DEM 高程資料 之一致性。因此,將校驗點的 GPS 空間座標 X、Y 和 Z 與 DEM 高程 資料進行比較(計算方式為兩者相減取絕對值),其平均值為 4.3 cm, 最大值為 24.1 cm,最小值為 0.01 cm,如圖 3.39 所示。

另一方面,在熱成像影像的部分,計算與量測之像素座標的距離 之平均誤差為 6.7 pixel,最大值為 11.9 pixel,最小值為 1.5 pixel,如 圖 3.40 所示。在高程誤差的部分,其平均值為 4.9 cm,最大值為 39.4 cm,最小值為 0.01 cm,如圖 3.41 所示。

上述誤差分析結果顯示,熱成像影像的座標轉換誤差相較於光學 影像要來的大,造成這個結果的原因有兩個,其一為光學影像的解析 度較大(光學影像為1280×720,熱成像影像為800×600),其二為 光學影像的對焦範圍較廣,比較圖 3.38 和圖 3.40 可看到熱成像在距 離鏡頭越遠越為模糊。而在高程誤差方面,彩色和熱成像的影像分析 結果平均值皆小於 5 cm,最大值小於 40 cm,整體上 GPS 量測成果 與 DEM 高程資料相符。最後,分別結合 DEM 高程資料和光學影像 和熱成像影像的共線方程,可建立影像上的數值高程,如圖 3.42 和圖 3.43 所示,供後續以影像分析出之水線的高程計算。





## 圖 3.37 現場量測及量測工具



圖 3.38 共線方程計算水平誤差分析 (光學影像)



圖 3.39 共線方程計算高程誤差分析 (光學影像)



圖 3.40 共線方程計算水平誤差分析 (熱成像影像)



圖 3.41 共線方程計算高程誤差分析 (熱成像影像)



圖 3.42 地形高程資料套疊影像之成果 (光學影像)



圖 3.43 地形高程資料套疊影像之成果(熱成像影像)

本計畫運用上述所建置之影像判釋技術,以能夠合理分析日間影 像溯升/越波之情況,且因有進行 DEM 與影像套疊,所以可輸出各斷 面溯升高程資料來進行量化分析(如圖 3.44)。夜間影像部分,於前期 計畫中亦有進行初步分析,圖 3.45 為前期計畫之夜間影像分析測試。 結果顯示,前期之影像判釋技術無法處理計畫區(人定勝天路段)夜間 影像水線判釋分布,其主要原因有兩個,其一是因光源不足導致影像 中陸域與海域對比性不顯著,因而使水線界面無法明顯擷取;其二該 公路段有夜間燈照明,使其在影像判釋上需再想辦法濾除該雜訊之影 響,且夜間車輛經過時還會再加上車輛本身照明燈之光源,這些都是 增加夜間影像判釋難度之原因。由以上測試結果,可知以目前判釋技 術而言,若要分析夜間溯升資訊應有所困難。而過往分析夜間影像較 常使用熱成像功能之攝影機來進行,為確認熱成像影像的適用性,前 期計畫透過本所於人定勝天路段臨時架設之熱成像攝影機,並以目前 所建置之水線分析方法為基礎進行水線分析,如圖 3.45 所示。從影像 上可知無論是日間或是夜晚,皆可從影像中辨別出水線的位置,惟目 前僅以少量的影像資料進行熱成像影像水線判識程式之建置,其於不 同條件之適用性及準確度皆有待後續研究進行確認。儘管如此,從人 定勝天路段的兩個不同攝影機於夜間的拍攝結果可知,熱成像影像有 助於夜間的水線判釋。然而,在目前計畫區中夜間雜訊較多(例如:路 燈、車燈等),這些都會影響影像判釋功能,本年度得建立一些影像處 理程序,來降低干擾,以期提高夜間影像判釋溯升/越波之可能性。

另外,因該路段常有車輛往來,因此,影像判釋分析應避開因車 輛通過所導致誤判水線之結果。依據目前影像資料判斷當車頂較高的 車輛(如大型巴士)經過公路時,因攝影拍攝角度關係,車身容易遮擋 水線,進而使影像判釋產生誤差。為了判斷水線是否受車輛影響,本 計畫初步透過過往時間的水線協助檢視影像判釋結果,如圖 3.46 所 示,藍色線段為當前時間之水線,綠色線段共計五條,分別與當前時 間差 15 秒、30 秒、45 秒、60 秒及 75 秒,觀察可知藍色線段之影像 座標與綠色線段之影像座標相距甚大,便以此為想法設定距離門檻 值,以判斷當水線超過此門檻值則不具參考性。



圖 3.44 花蓮人定勝天路段預報斷面於影像位置圖(111/4/15)



圖 3.45 花蓮人定勝天夜間影像分析測試



圖 3.46 車輛通過影像分析測試

#### 3.2 影像分析驗證

影像分析驗證主要透過影像判釋資料與「人為判釋」與「溯升計」 資料進行驗證,以對分析成果進行檢核,以確認其判釋技術之可靠性。 計畫進行影像分析方法之調整,採用以機器學習模型 K-means 為基礎 的分析方式,探討其對於提升水線分析準確度之成效。因此,本節呈 現以前期計畫之人為判釋成果為基準,探討前期與今年度影像分析結 果之差異性。

### 3.2.1 人為判釋驗證

於前期計畫中,為確認透過影像分析所得水線之誤差,有進行人為的手動水線判識,判識方式為透過肉眼判斷水線位置,並擷取其影像座標。為瞭解影像分析水線於不同情境下的誤差變化,茲以4種天氣情境方式呈現其影像分析特性,包含陰晴(上午)、下雨(上午)、下雨(下午)與大浪(無雨)等4種情境。圖 3.47 至圖 3.50 分別為4種情境之 水線誤差分析成果,各情境分析成果分述如下。

1. 陰晴(小浪):

圖 3.47 為陰晴且小浪情境下之誤差統計分析圖,可以發現本 年度辨識結果於此情境相較於去年度的分析結果穩定,平均誤差皆 小於1個像素,最大誤差大部分小於10個像素,最大值為12個像 素,誤差產生主因為消波塊後方水體顏色較暗,K-means分群法將 其歸類為非水體。在此情境下,本年度的準確度整體上雖無顯著的 差異,但無論是平均誤差或最大誤差,在不同時刻上皆更為穩定。 2.下雨(小浪):

圖 3.48 為下雨且小浪情境下之誤差統計分析圖,相比於陰晴 (小浪)情境,此情境受雨滴附著於鏡頭之影響,平均誤差皆有上升 的情況,且當雨勢增大,會造成雨滴影響範圍加劇,而平均誤差及 最大誤差會有更顯著的增加,推估係因大量雨滴佔據鏡頭並落於海 岸線上造成誤差產生。與前述情境相似,本年度的分析方式在不同 時刻影像下的誤差更為穩定。

3-33

3. 陰晴(大浪):

圖 3.49 為陰晴且大浪情境下之誤差統計分析圖,大浪發生為 本計畫關注的重點情境之一,此時白色碎波與深色消波塊形成明顯 對比,利於影像辨識,因此相比於陰晴(小浪),平均誤差更趨近於 零;最大誤差值發生於浪較小時,僅有微小溯升,且受到前方消波 塊阻擋,於影像中呈現出被圍起的區塊,將被後處理填補;若產生 較大的溯升時,程式能夠辨識出大部分的溯升水體,但前方水體體 積過於稀少且一樣受到消波塊遮蔽,無法精準捕捉,為誤差產生之 主因。相比於去年度的成果,本年度的平均誤差約降低了1pixel, 而最大誤差亦較佳。

4. 下雨(大浪):

圖 3.50 為下雨且大浪情境下之誤差統計分析圖,然因雨勢較 小,未呈現如下雨(小浪)情境的高誤差值,但平均誤差還是略高於 陰晴(大浪)之情境,表明影像辨識結果好壞受制於雨勢大小;此情 境最大誤差發生原因如同陰晴(大浪)情境;而最大溯升發生時,溯 升水體明顯蓋過消波塊,因而被精準辨識。此為四個結果當中,與 去年度成果相比的平均誤差降低最顯著之情境,平均誤差有 1-6 pixel 的降幅,而最大誤差整體降低約 5 pixel。

從上述的比較分析可知,本年度建構之水線影像分析方法相較於 去年之成果在大浪時有顯著的提升,且無論是在大浪或是小浪,不同 時刻下的影像之誤差差異性較低,顯示本年度方法在準確度方面有顯 著的提升,有利於提升影像分析產出之溯升越波資料的品質。

3-34



Mean Absolute Error: 0.89 Pixels; Maximum Error: -12.08 Pixels



圖 3.47 影像水線判釋誤差於(a)陰晴(小浪)之分析結果



圖 3.48 影像水線判釋誤差於(b)下雨(小浪)之分析結果



圖 3.49 影像水線判釋誤差於(c)陰晴(大浪)之分析結果



圖 3.50 影像水線判釋誤差於(d)下雨(大浪)之分析結果

#### 3.2.2 溯升計驗證

為了驗證影像判釋結果,本節將透過溯升計資料回傳資料,確認 同一時段影像判釋之水線,是否涵蓋回傳資料之溯升計。

因一般天氣情境下波浪難以觸碰溯升計,驗證時段採用 2023 年 9月的蘇拉颱風,雖未登陸臺灣本島,但強烈的外圍環流造成人定勝 天路段發生多起越波事件,溯升計 ID 501 於 2023 年 9月 2 日上午 6 時及下午 7 時收錄波浪訊號,分別檢視對應時間之光學影像及熱成像 判釋結果,如圖 3.51 及圖 3.52 所示,判釋之水線確實包含溯升計 ID 501,且影像獲得高程分別為 9.11 公尺及 7.12 公尺,皆大於溯升計 ID 501 安裝之高程 6.92 公尺,蘇拉颱風驗證結果比對彙整如表 3-6。

再進一步檢視光學影像判釋結果,判釋之水線明顯位於水陸交界 面,具備相當高的正確性;而熱成像雖缺乏色彩特徵人眼難以直接判 斷,但位於影像中央處,溫度較低而呈現深色的水體參雜於溫度較高 而呈現淺色的路面,是發生越波事件強而有力的證據。



圖 3.51 光學影像之溯升計驗證



圖 3.52 熱成像之溯升計驗證

	影像判釋分析所 得高程(m)	有記錄值之溯升 計高程(m)	可信度
2023/09/02- 06:33:18	9.11	(ID 501) 6.92	可信
2023/09/02- 19:10:48	7.12	(ID 501) 6.92	可信

表 3-6	蘇拉颱風	期間溯チ	1計與影(	象判釋結果	比對
1.00		1771 191 1//1 /	レットファインド	かりコリエッロノい	

### 3.3 情境分析

氣象情境依據光照及是否下雨可分為晴天、陰天及雨天,海象情 境則依據交通部中央氣象署定義分為小浪、中浪及大浪,小浪波高介 於 0.6 公尺至 1.5 公尺,中浪波高介於 1.5 公尺至 2.5 公尺,大浪則為 波高大於 2.5 公尺,此節之情境分析便以氣象情境搭配海像情境,共 計 9 種,分別敘述如下:

1. 晴天

此氣象情境下因陽光強烈,造成路面及消波塊反射,而使像素值 於 L\*分量上呈現較高的數值,容易使小部分的判釋結果產生錯誤, 造成水線高估,但大部分情況還是具備正確的水線,如圖 3.53 至圖 3.55 所示,海象情境分別為大浪、中浪及小浪。



圖 3.53 晴天且大浪之影像判釋結果



圖 3.54 晴天且中浪之影像判釋結果



圖 3.55 晴天且小浪之影像判釋結果

2. 陰天

此氣象情境通常缺乏陽光或是下雨過後,相比於晴天之氣象情境,因缺乏陽光使消波塊產生反射,陰天之氣象情境下的消波塊與水 體對比度較高,判釋結果較不易產生錯誤,絕大部分皆呈現正確的海 岸線,如圖 3.56 至圖 3.58 所示,海象情境分別為大浪、中浪及小浪。



圖 3.56 陰天且大浪之影像判釋結果



圖 3.57 陰天且中浪之影像判釋結果



圖 3.58 陰天且小浪之影像判釋結果

3. 雨天

此氣象情境受雨勢影響,雨滴容易附著於攝影設備鏡頭上,若雨 滴影像範圍剛好涵蓋到水線,則錯誤的判釋結果在所難免;若再加上 強烈的風勢,則程式將因清晰度不足,判定此張影像無法分析,下方 提供此氣象情境下正確的判釋結果做為參考,如圖 3.59 至圖 3.61 所 示,海象情境分別為大浪、中浪及小浪。



圖 3.59 雨天且大浪之影像判釋結果



圖 3.60 雨天且中浪之影像判釋結果



3-42

## 第四章 自動化影像判釋系統建立

依據前期溯升與越波影像分析技術自動化判釋評估與規劃,可知 前期計畫已建立影像判釋溯升/越波技術架構,藉由水線分析方式以 能有效瞭解溯升分布情況。前期計畫為使未來自動化判釋技術更為順 利,已透過「影像分析水線有效性判釋」功能建立(如圖 4.1 至圖 4.2 所示),使其能夠藉由 3 種參數門檻值之設定進行影像分析成果過濾, 使其更能自動化提供可靠判釋之觀測成果。惟此功能仍須透過更多溯 升/越波事件來做檢驗,以使其門檻值設定能夠有依據性。

除上述影像判釋技術核心持續精進外,為使該技術能夠更為廣泛 使用於海岸公路防災,於本年度需進行自動化與作業化影像判釋系統 之建立。由前期計畫影像判釋建置技術過程中,已有規劃影像判釋自 動化之方式,如圖 4.3 所示。第一種方法是以攝影機平台語法撰寫分 析程式,使影像分析可於攝影機平台進行後,再回傳資料至運研中心; 第二種方法則利用串流方式將影像回傳至本所,再透過本所電腦進行 分析後獲得溯升資料;第三種方法是於現場架設小型電腦連結攝影 機,收錄影像先至現場電腦進行影像分析後再回傳至運研中心。考量 語法彈性與現場作業困難度,短期目標將以發展方法二為主,藉以建 立影像分析系統能夠輔助越波警戒功能;長期目標則以方法三為主, 透過邊緣計算方式分析現場結果來判斷是否需回傳資料。例如:透過 自動化程式分析目前影像有顯著溯升或越波情況,再回傳影像資料至 本所,其餘時段均以回傳數字資料為主,藉以提升自動化傳輸之效率。

本年度於此工項中,將先行以方法二為主進行自動化影像判釋系統建立,以期先達到影像判釋輔助越波警戒之目的。目前已完成不同 影像來源自動擷取影像測試與下載頻率測試。為使未來自動化影像判 釋系統通用性較高,本計畫至今有持續探討不同來源之影像擷取、影 像品質及判釋成效等。目前測試來源影像包含本計畫所架設的光學攝 影機與熱成像攝影機及公路局於人定勝天路段既有之光學攝影機,其 不同下載方式與影像規格,如表 4-1 所示。





(Variance-U=0.06, Sky = 0.81, Sharpness = 8.0)

**No-Pass** Variance-U=0.11, Sky = 0.92 Sharpness = 5.6







編號	來源	類型	尺寸 (寬X高)
А	AXIS Camera Station Client	彩色	1280 X 720
В	(手動下載)	灰階	800 X 600
С	本所 API 網址 (自動擷取)	彩色	800 X 600
D		灰階	800 X 600
Е	公路局 (自動擷取)	彩色	320 X 180

表 4-1 不同來源影像規格

目前測試結果顯示,5種不同來源影像均能夠順利下載,且於自 動化下載部分(編號 C、D 與 E),可透過本計畫所撰寫自動化擷取程 式,亦能以 API 連結方式達到自動擷取影像之成效。而在下載頻率測 試部分,本計畫以多核心平行執行方式,進行同時進行編號 C、D 與 E 等 3 個影像來源之自動下載作業。測試結果顯示,於約 25 分鐘內 可持續下載1800張影像,測試擷取影像一次需要約0.84秒(包含下 載和儲存影像)。自動化擷取下來的影像與執行擷取的時間有些微差 異(少了大約 2-5 秒內), 連續擷取映象書面時間之間格誤差大約 2 秒,惟其對後續自動化溯升判釋功能影響不大,仍於可以接受範圍。 圖 4.4 為本計書目前採用自動化流程,透過 FTP 傳遞方式已可及時傳 遞水線分析結果至本所。待自動化影像判釋程式彙整後,會提供中心 電腦進行安裝架設,以達到直接自動化判釋系統建置之目的。圖 4.5 則為目前越波警戒之警戒線分布圖,光學影像與熱成像均有3條警戒 線,紅線部分以公路護岸邊緣為主,剩下2條則等分方式劃設,低於 黃線則以綠燈顯示;黃線與橘線則以黃燈顯示;橘線與紅線間則為橘 燈;紅線以上則均為紅燈。判釋原則以水線分析結果所致範圍來進行 燈號顯示,以達到影像判釋越波警戒之目的。



圖 4.4 本計畫影像判釋自動化建置之流程圖



圖 4.5 自動化影像判釋越波警戒線圖

# 第五章 機器學習溯升模型發展

依據前期計畫影像判釋與本所既有浪襲預警系統等結果之比對, 可知目前系統仍有精進之處。該浪襲預警系統主要是由「海象預報模擬」與「波浪溯升資料庫」所組成。其中,波浪溯升資料庫為判斷面 越波情況之核心,其是由透過數值模式模擬各斷面潮位、波高、週期 不同情境條件之斷面溯升情況,並將其成果納入資料庫做為預警備 用。當相對遠域之海象預測系統 (TaiCOMS2.0)資料發布時,即會將 外海波浪與潮位條件代入資料庫中,並提取適合情境條件下各斷面溯 升情況,以達到越波/浪襲預警之成效。由此可知,此技術可連結相對 精緻斷面模擬資料(溯升)與大範圍海象預報資料之間關係,且透過資 料庫建立方式,確實可以達到快速獲得斷面溯升與越波之情況。然而, 因預警系統建立時採用斷面模式搭配情境條件來建置溯升資料庫,因 此,波向的影響相對較難反應於斷面模擬。此外,因海象預報有其不 確定性存在,此亦會反應至浪襲預報結果之中。

鑑此,本計畫透過機器學習方式,於現有預報系統基礎下,藉由 機器學習模型方式增加波向影響連結,以配合預警系統海象資料來進 行分析,並可進一步運用迴歸模型來建立其關係,此舉對既有浪襲預 警系統應有所助益。此發展工作可分為兩階段進行,第一階段(本年 度)透過數值模擬(二維平面數值模式)建立樣本,再納入波高、週期、 波向及潮位參數進行機器學習模型建立,搭配目前 TaiCOMS 2.0 預報 資料即可進行溯升/越波預報;第二階段(113 年度)待影像/溯升計分析 溯升資料量足夠後,可將其做為觀測資料,並納入 TAICOM 預報資 料至機器學習模型,進行模型修正,以使溯升/越波預報資料可更為在 地化。本年度先以第一階段「發展機器學習溯升模型」為主。

近年來,國外已逐漸運用機器學習來強化越波預報技術(Scott et al., 2020),研究指出(表 5-1)透過機器學習的方式,進行試驗資料或現 地資料分析,可獲取比一般經驗公式更佳的預測結果。然而,需要注 意的是其適用性受限於原始資料的變化範圍(da Silva et al., 2020)。而 本計畫之模型主要是透過機器學習方式連結外海波高、潮位、週期、 波向、及溯升關係,發展由外海海象資料推估近岸溯升與越波情況之

5-1

技術,俾供公路浪襲警戒之依據,其中各步驟與關鍵技術建立過程分 述如下:

- (一)首先,透過數值模式進行颱風事件追算,以建立各颱風事件外海波高與水位分布資料。本計畫採用開源模式 SCHISM [Semi-implicit Cross-scale Hydroscience Integrated System Model, (Zhang et al. 2016)]做為數值模擬工具。該模式為波-流耦合模式,結合WWM-III [Wind Wave Model III, Roland et al. (2012)] 可模擬颱風風浪情況。另運用混合風場技術,強化颱風波高和暴潮偏差追算之可靠性(Hsiao et al., 2020[a]; Hsiao et al., 2020[b])。
- (二)其次,導入上述颱風波浪追算成果,進行該計畫範圍溯升與越波追算。本計畫透過數值模式 FUNWAVE [Fully Nonlinear Boussinesq Wave Model] (Kirby et al., 1998)來進行近岸溯升模擬, 透過相對應海象追算資料之近岸溯升模擬,得以建立計畫區域溯 升資料。此外,需建立溯升訓練樣本資料,其來源可分為「外海」 與「近岸」兩類,外海主要為各颱風事件之波高、波向、週期與 水位資料;近岸則為相對應之近岸溯升推估資料。
- (三)最後,透過機器學習方式建構外海海象資料與溯升之連結性,後續則可透過海象資料(預報值)預測溯升情況,以此做為越波警戒依據。依據過往文獻研究內容與本計畫過去研究經驗,採用高斯過程(Gaussian Process, GP)方式進行機器學習。

參考文獻	機器學習	資料來源	輸入資料
Bakhtyar et al. (2008)	適應性類神經 模糊推論系統 (ANFIS)	<ul> <li>波浪:規則波和不規則波</li> <li>結構物:平滑不透水斜坡</li> <li>198 筆試驗資料</li> </ul>	<ul> <li>Iribarren 數</li> <li>坡度</li> </ul>
Abolfathi et al. (2016)	M5 model tree	<ul> <li>波浪:規則波和不規則波</li> <li>結構物:平滑透水和不透水斜坡</li> <li>451 筆試驗資料</li> </ul>	<ul> <li>• 碎波相似參數</li> <li>• 坡度</li> <li>• 透水率</li> <li>• 相對波高 (H/h)</li> <li>• 波譜參數</li> <li>• 波動量通量</li> </ul>
Passarella et al. (2018)	遺傳規劃法 (Genetic Programming, GP)	<ul> <li>波浪:不規則波</li> <li>結構物:平滑不透水斜坡</li> <li>636 筆試驗資料</li> </ul>	<ul> <li> 示性波高</li> <li> 尖峰週期</li> <li> 坡度</li> </ul>
Beuzen et al. (2019)	高斯過程 (機 率式機器學習 的一種)	<ul> <li>澳洲東南海岸 8328 筆(取樣頻率:1小時),約一年的現地資料</li> </ul>	<ul> <li>離岸示性波高(搭 配 SWAN 求得)</li> <li>坡度</li> <li>尖峰週期</li> </ul>
經濟部水利 署第六河川 局(2021)	高斯過程	<ul> <li>臺南、高雄浮標資料</li> <li>臺南、高雄潮位站資料</li> <li>臺南、高雄溯升計資料(約 88 筆)</li> <li>高雄溯升影像資料(約 60 筆)</li> </ul>	<ul> <li> 示性波高</li> <li> 潮位</li> <li> 波向</li> <li> 尖峰週期</li> </ul>

表 5-1 以機器學習進行溯升預測之相關研究

### 5.1 數值模式與機器學習模型說明

本計畫溯升機器學習模型發展需透過數值模式與機器學習模型 來建置,其中數值模式主要是進行事件追算,藉以創造機器學習模型 所需之訓練樣本資料;機器學習模型亦為迴歸模型,主要是連結樣本 資料建立其相對關係,以本計畫而言,即是以建立外海海象資料與近 岸溯升資料關係。

### 5.1.1 數值模式說明

如前模型發展步驟說明所述,本計畫採用 SCHISM 與 FUNWAVE 分別進行海象追算與近岸溯升模擬。各模式相關說明如後:

1. SCHISM 模式:

本計畫採用 SCHISM 模式做為海象追算之工具。SCHISM 模 式為 SELFE (Semi-implicit Eulerian-Lagrangian Finite Element model, Zhang and Baptista, 2008) 模式之改良進化版,使用半隱式有限元素 法,可使用較大時距(time step)進行數值計算,不受 Courant -Friedrichs - Lewy 穩定條件限制 (CFL stability constraints)。SELFE 與 SCHISM 因其可擴充性、穩定性與高度運算效能,已被廣泛應用 於海嘯波傳遞模擬(Zhang et al., 2011)及颱風引致之都市與集水區 風暴潮溢淹模擬(Wang et al., 2011)及颱風引致之都市與集水區 風暴潮溢淹模擬(Wang et al., 2011)及颱風引致之都市與集水區 風暴潮溢淹模擬(Wang et al., 2014; Chen and Liu, 2016)等。SCHISM 模式為波-流耦合模式,結合 WWM-III (Wind Wave Model III, Roland et al., 2012) 可模擬颱風風浪演變。透過 SCHISM 模式將風速、深 度平均流速與水面高程傳遞至風浪模式;而 WWM-III 模式則將輻 射應力傳遞二維海岸水動力模式,以達天文潮-暴潮-風浪全耦合計 算效果。此外,該模式本身已有介接相當多開放模組,使之能模擬 多種物理問題,如圖 5.1 所示,舉凡漂砂、油污、水質、生態、植 生、海平面上升、溢淹等問題,皆能夠計算模擬。



圖 5.1 SCHISM 模式架構圖

於水理方面是採用水深積分之平面二維 SCHISM 模式 (SCHISM-2D)進行海象模擬。SCHISM-2D 基於靜水壓與布氏假設, 求解淺水方程式 (shallow-water equations) 之自由液面高度與二維 方向之流速,卡式座標下二維控制方程式可表示如下:

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial uH}{\partial x} + \frac{\partial vH}{\partial y} = 0$$
(5-1)

$$\frac{Du}{Dt} = fv - \frac{\partial}{\partial x} \left[ g(\eta - \alpha \hat{\psi}) + \frac{P_A}{\rho_0} \right] + \frac{\tau_{sx} + \tau_{rx} - \tau_{bx}}{\rho_0 H}$$
(5-2)

$$\frac{Dv}{Dt} = -fu - \frac{\partial}{\partial y} \left[ g(\eta - \alpha \hat{\psi}) + \frac{P_A}{\rho_0} \right] + \frac{\tau_{sy} + \tau_{ry} - \tau_{by}}{\rho_0 H}$$
(5-3)

其中, $\eta(x, y, t)$  $\eta(x, y, z)$ 為自由液面高程; H =  $\eta(x, y)$  + h(x, y)為總 水深,自由液面高程加上地形深度h(x, y); u(x, y, z, t)與v(x, y, z, t) 為 x 與 y 方向的水平流速; f 為科氏因子; g 為重力加速度;  $\psi$  為地 球潮汐潛勢;  $\alpha$  為效率地球彈性因子;  $\rho_0$ 參考水體密度; P<sub>A</sub>(x, y, t) 為自由液面之大氣壓力。方程式中風剪應力於 x、y 方向分量 T<sub>sx</sub>、 T<sub>sv</sub>可以方程式表示如下:

$$\tau_{sx} = \rho_a C_s \sqrt{(W_x + W_x)^2 W_x}$$
(5-4)

$$\tau_{sy} = \rho_a C_s \sqrt{(W_x + W_x)^2 W_y}$$
(5-5)

其中, $W_x n W_y$ 為距自由液面 (free-surface) 10 公尺高處之 $x \cdot y$ 方向風速; $P_a$ 為空氣密度; $C_s$ 風拖曳係數, $C_s$ 的數值隨風速提高而增大,然而,Powell et al. (2003) 建議 $C_s$ 數值需要設定上限。SCHISM-2D 中 $C_s$ 與合成風速W 的關係可以下列方程式表示:

$$C_s = 1.0^{-3} \begin{cases} (0.61 + 0.063 \times 6) & W < 6\\ (0.61 + 0.063W) & 6 \le W \le 50\\ (0.61 + 0.063 \times 50) & W > 50 \end{cases}$$
(5-6)

底部邊界層不易於在一般海洋模式中描述,因此,控制方程式中底 床剪應力於 x、y 方向分量Tbx、 Tby 可以下式表達:

$$\tau_{bx} = \rho C_b \sqrt{(u+\nu)^2} u \tag{5-7}$$

$$\tau_{by} = \rho C_b \sqrt{(u+v)^2} v \tag{5-8}$$

其中, $C_b$ 為底床拖曳係數,於 SCHISM-2D 中,可透過曼寧公式 (Manning's formula) 計算後獲得:

$$C_h = gn^2 / H^{1/3} \tag{5-9}$$

根據臺灣海底底床地質特性,n值於模式中設定為0.025。由方 程式(5-9)可知, $C_bC_s$ 將隨總深度H而變化。 $\tau_{rx}與\tau_{ry}$ 為風浪引起之 輻射應力在x、y方向之分量,採用 Longuet-Higgins and Stewart (1962, 1964)研究成果所建議之方法,可以下列方程式表示:

$$\tau_{rx} = -\frac{\partial S_{xx}}{\partial x} - \frac{\partial S_{xy}}{\partial y}$$
(5-10)

$$\tau_{ry} = -\frac{\partial S_{xy}}{\partial x} - \frac{\partial S_{yy}}{\partial y}$$
(5-11)

S<sub>xx</sub>、<sub>S<sub>xy</sub></sub>與<sub>S<sub>yy</sub></sub>為輻射應力張量之分量,由風浪模式計算而得,依 據 Battjes (1974)所提出之建議,可以下列方程式表示之:

$$S_{xx} = \int_0^{2\pi} \int_0^\infty N\sigma \frac{C_g}{C_p} \sin\theta \, d\theta d\sigma$$
(5-12)

$$S_{xy} = S_{yx} = \int_0^{2\pi} \int_0^\infty N\sigma \left[\frac{C_g}{C_p}(\cos^2\theta + 1) - \frac{1}{2}\right] d\theta d\sigma$$
(5-13)

$$S_{yx} = \int_0^{2\pi} \int_0^\infty N\sigma \left[ \frac{C_g}{C_p} (\sin^2 \theta + 1) - \frac{1}{2} \right] d\theta d\sigma$$
(5-14)

其中, N 為波作用密度(wave action density),  $\sigma$  為風浪之相對角頻 率, $\theta$ 為波向, $C_g 與 C_p 分別表示波之群速度及相速度。$ 

於波浪模式方面,本計畫採用第三代頻譜風浪模式 WWM-III (Wind Wave Model III, Roland et al. 2012) 模擬近岸波場浪變化情 況。過往研究顯示,只要輸入足夠精確的海面風場,而 SCHISM 採 用的第三代頻譜風浪模式就具備有預測風浪之能力;而相位平均 (phase-averaged) 的頻譜風浪模式能有效率地應用於實際海況推算 (Komen et al., 1994)。WWM-III 已被使用在臺灣近海的長期浪高推 算,並用以分析平均風浪能量最高之海域 (Su et al., 2018; Shih et al., 2018) WWM-III 模式於卡式座標下之控制方程式表示如下:

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial (C_{gx} + u)N}{\partial x} + \frac{\partial (C_{gy} + v)N}{\partial y} + \frac{\partial (C_{\sigma}N)}{\partial \sigma} + \frac{\partial (C_{\theta}N)}{\partial \theta} = \frac{S_{tot}}{\sigma}$$
(5-15)

其中,N為波作用密度頻譜; $_{C_{gs}}$ 與 $C_{gy}$ 為波群速在 $x \cdot y$ 方向之分量; u 與 v為流速在方向之 $x \cdot y$ 分量; $\sigma$ 為波相對角頻率; $\theta$ 為波向; $_{C_{gs}}$ 與 $C_{g\theta}$ 為 $\sigma \cdot \theta$ 空間之傳播速度; $C_{tot}$ 為波變異源項之總和。SCHISM-2D 模式將風速、深度平均流速與水面高程傳遞至風浪模式;而 WWM-III 模式則將輻射應力傳遞二維海岸水動力模式,以此方式進行耦合計算。

計畫中使用 SCHISM-WWM 耦合模式追算颱風風浪及暴潮, 以建立颱風事件期間的波場與水位分布資料。圖 5.2 為追算模擬之 計算範圍與水深地形分布,其中水深地形資料來源為 ETOPO1 與 國科會臺灣周圍海域 200 公尺數位地形資料。採用非結構三角網格 來進行建模,於近岸處採用相對細緻網格,藉以提高海象資料之可 靠性。



圖 5.2 臺灣周圍水深地形與網格分布

2. FUNWAVE 模式:

本計畫運用相位解析模式(phase-resolving) FUNWAVE 來模擬 近岸溯升現象。採用 Shi et al. (2012)發展之完全非線性 Boussinesq 波浪模式(FUNWAVE-TVD)進行近岸溯升模擬分析,模式使用之 Boussinesq 方程為沿著水深積分的平面二維波浪運動方程,並包含 摩擦阻力、吸收邊界、乾濕移動邊界等處理,其控制方程式如下(粗 體代表向量):

$$\boldsymbol{M} + \nabla \cdot \left[\frac{\boldsymbol{M}\boldsymbol{M}}{\boldsymbol{H}}\right] + g\boldsymbol{H}\nabla\boldsymbol{\eta}$$
  
=  $\boldsymbol{H}\left\{\overline{\boldsymbol{u}_{2,t}} + \boldsymbol{u}_{\alpha} \cdot \nabla\overline{\boldsymbol{u}_{2}} + \overline{\boldsymbol{u}_{2}} \cdot \nabla\boldsymbol{u}_{\alpha} - \boldsymbol{V}_{1} - \boldsymbol{V}_{2} - \boldsymbol{V}_{3} - \boldsymbol{R}\right\}$  (5-17)

其中, $\eta$ 為水位高、h為靜水深、 $H = h + \eta$ 為總水深、 $\nabla = (\partial/\partial x, \partial/\partial y)$ 、g為重力加速度、下標t為對時間的偏微分、 $M = H\{u_{\alpha} + \bar{u}_{2}\}$ 為水平體積通量、 $u_{\alpha}$ 為水深 $z_{\alpha} = -0.531h$ 處之水平速度向量、 $\bar{u}_{2}$ 為平均水平速度的消散項( $O(\mu^{2})$ )沿著水深的貢獻。式(5-16)和式(5-17)分別為質量和動量守恆方程, $V_{1}$ 和 $V_{2}$ 為頻散項, $V_{3}$ 為垂直渦渡的次級效應, R 為擴散和消散項,包括碎波、底部摩擦以及次網格橫向紊流混合,詳細資訊可參閱 Shi et al. (2016)。

本計畫中海象追算資料與相對應之近岸溯升資料為重要訓練樣 本資料,因此,在海象追算能夠可靠模擬的基礎上,如何產製相對應 之近岸溯升資料乃為重要課題。本計畫透過 SCHISM 模式與 FUNWAVE 模式銜接來達到溯升資料產製之目的,其中由 SCHISM 模 式追算資料中輸出特定點位之海象資料(目前以 TaiCOMS 2.0 於人定 勝天外海預報點位為主),其中包含波高、週期、水位與波向等四參數 追算資料。再者,將此資料做為 FUNWAVE 模式之波浪邊界條件與起 始水位條件,並採用源項造波(Internal Source)與隨機波方式進行波場 模擬。最後,分析波浪傳遞至人定勝天路段時溯升高度,以做為訓練 樣本條件。

圖 5.3 為人定勝天路段溯升模擬範圍與網格分布示意圖,採用多 重巢狀網格方式進行模擬。計算溯升現象時,由於遠洋區域的波形變 化不大,故一般採用較粗的網格進行描述;而當波浪傳遞至近岸區域 時,由於波浪的非線性、底床效應及近岸波浪變形增大,故需以較細 的網格加以描述,以得到合理之溯升變化結果。因此,為了兼顧計算 效率及精確度,就需採用多重巢狀網格的計算方式進行溯升模擬。而 本計畫目前採用兩層網格進行溯升模擬,第一層網格解析度為 5m× 5m 以模擬波浪由追算輸出位置至近岸之波浪形變現象;第二層範圍 則以人定勝天路段為主要區域,網格解析度為1.25m×1.25m藉以模 擬較細緻之近岸溯升現象。



圖 5.3 人定勝天路段陸海域地形資料與溯升模擬範圍與網格資料

## 5.1.2 機器學習模型說明

而於溯升機器學習模型建立方面,由過往文獻研究內容可知(表 5-1),高斯過程(GP)能考量資料的不確定性,且已被用於現地資料 (Beuzen et al., 2019),故本計畫採用 GP 進行機器學習,其原理如下所 述:

1. 資料分類演算流程

在建構機器學習模型的過程中,如何將資料分為訓練 (training)、驗證(validation)和測試(testing)之用是相當重要的一步。 目前文獻上有許多不同的方類方式,例如,隨機選擇(random selection),交叉驗證(cross-validation)和分層限定抽樣(stratified sampling)等(Camus et al., 2011)。

Beuzen et al. (2019)為節省機器學習於訓練階段所需之計算資源,故需盡可能減少訓練採用之資料組數。但另一方面,訓練資料仍須保有整體資料變異性,以確保結果之適用性。因此,Beuzen et al. (2019)採用「最大差異演算法(Maximum Dissimilarity Algorithm, MDA)」將資料分為訓練、驗證和測試之用。

MDA 首先會在資料中挑選出與其餘資料差異性最大的一筆資 料做為訓練資料,接著,重複加入與訓練資料差異性最大的一筆資 料,直到達到指定的訓練資料筆數上限。透過 MDA 挑選具代表性 的訓練資料後,其餘未被選為訓練用之資料,則以隨機且平均的方 式,分為驗證和測試之用。 2. 高斯過程演算流程

資料的迴歸分析可透過兩種方式決定其最佳函數,一種是以方 程進行迴歸(例如:多項式),找出最佳的參數;另一種則是考慮所 有能擬合資料的方程,找出方程之間最佳的權重分配,換句話說, 擬合度最好的方程具有較大的權重。前一種方式的缺點在於若所選 擇之方程無法很好的擬合部分或所有的資料,則會得到較差的預測 值。相對的,後一種方式則考慮了所有可能用於擬合的方程,故可 得到較好的結果。GP 即為上述之第二種形式,GP 可計算出多個能 符合資料的方程,並提供預測值(多個 GP 分析方程之平均值)和其 信賴區間。

GP 定義為隨機變量的集合,其中任何有限集合都具有多元高 斯分布(multivariate Gaussian distribution)。對於所有輸入向量 $\tilde{x}$ ,用 於描述資料的未知函數 $f(\tilde{x})$ 皆符合多元高斯分布,則稱f是一個高 斯過程:

$$f(\tilde{x}) \sim N(\mu(\tilde{x}), k(\tilde{x}, \tilde{x}')) \tag{5-18}$$

其中, $\mu(\tilde{x})$ 為均值函數, $k(\tilde{x})$ 為共變異數函數(covariance function)或稱核函數(kernel function)。

共變異數函數有不同的型態, 而較常被使用的為平方指數共變 異數函數(squared exponential covariance function):

$$k(x_i, x_j) = \sigma_f^2 \exp\left[-\sum_{d=1}^D \frac{1}{2l_d^2} (x_{d,i} - x_{d,j})^2\right]$$
(5-19)

其中, $\sigma_f$ 和l為超參數(hyperparameters),分別代表變異量和函數變 化的範圍。

圖 5.4 為 GP 的計算說明(Beuzen et al., 2019),假設有 5 組有義 波高和最大 2%溯升高的資料(圖 5.4 (a)),首先於自變數(輸入變數, 即有義波高)變化範圍,以及最大 2%溯升高的平均值建立先驗分布 (圖 5.4 (b))。從 GP-先驗的結果中可知 GP 模型在未以假想觀測值 做為訓練前所建立的預測值有相當多種的可能性,其最大 2%溯升 高的 95%信賴區間範圍相當大(-0.3 m 至 3.4 m),且 GP 的預測模型 為最大 2%溯升高的平均值。 圖 5.4(c)則是將 5 組假想觀測資料帶入後的結果,可發現到訓練後的 GP 模型能很好的擬合假想觀測資料,其信賴區間隨有義波高而有所不同,並且在假想觀測資料處有最窄的 95%信賴區間。然而,由於資料本身可能存有雜訊(noise),欲考慮此影響,故將式(5-19)加入雜訊加以考量,得式(5-20),結果如圖 5.4(d)所示。

$$k(x_{i}, x_{j}) = \sigma_{f}^{2} \exp\left[-\sum_{d=1}^{D} \frac{1}{2l_{d}^{2}} (x_{d,i} - x_{d,j})^{2}\right] + \sigma_{n}^{2} \delta_{ij}$$
(5-20)



其中, $\sigma_n$ 和 $\delta_{ii}$ 分別為雜訊變異量和 Kronecker delta 函數。



### 5.2 模型建置成果說明

溯升機器學習模型建置作業已完成海象追算、FUNWAVE 建模與 分析及機器學習模型建置與分析作業。相關成果說明如後:
## 5.2.1 颱風事件追算模擬

本計畫追算模擬所採用風場為混合風場,採用「再分析風場 (ECMWF-ERA5 再分析風場資料)」與「參數風場(Modified Rankine Vortex ,MRV)」來進行風場混合,主要將參數風場於靠近颱風中心 風場資料與再分析風場資料做為背景風場資料方式來做結合,以提升 風場可靠度,進而增加颱風事件追算之準確性(可參考圖 5.5)。目前追 算颱風事件共模擬 33 場颱風(1990 年至 2022 年),每場颱風至少模擬 252 小時,並以每小時海象資料做為訓練樣本。圖 5.6 為颱風事件追 算模擬之海象資料驗證圖,該圖是以 2016 年莫蘭蒂、馬勒卡、梅姬 颱風事件為例。





#### 5.2.2 溯升模擬分析

透過追算模擬後,輸出特定位置之外海海象條件,並給予 FUNWAVE模式做為波浪邊界與初始水位條件,進行近岸溯升模擬。 圖 5.7 為第一層模擬範圍模擬結果,其為正向入射條件,其顯示當波 浪由外海向近岸傳遞時,因外海礁岩地形影響,使波浪於人定勝天路 段外側海域發生折繞射效應,使其波向有所改變能量亦有所衰減。由 此可知,於計畫區域中波向對於近岸溯升現象影響較為複雜,換言之, 二維平面模擬前提下,正向入射波不一定是造成溯升較顯著之主要波 向,需將其他不同波向與地形相互影響下,亦有可能造成較為顯著之 溯升現象。

圖 5.8 為 FUNWAVE 第二層範圍模擬結果,其結果能夠清楚瞭解 人定勝天路段波浪溯升變化過程。當形變後的外海波浪入射至近岸 時,於路段南側開始有顯著近岸溯升現象發生[圖 5.8(a)-(b)]。隨溯升 演化,有類似邊緣波現象發生,溯升會由南側傳遞至北側近岸,並造 成路段北側有顯著溯升現象產生[圖 5.8(c)-(d)]。於圖 5.8[(e)-(f)]中, 則有產生溯降情況,且與入射波浪交會使其能量衰減現象發生。 由上述模擬初步分析結果可知,因地形因素人定勝天路段海域溯 升現象較為複雜,目前透過模式計算結果概能將其特性掌握。圖 5.9 則是 2022 年軒嵐諾颱風事件影像分析與溯升追算之比對結果,其事 件於影像分析資料,發現人定勝天北側有較顯著越波情況發生,因此 透過影像分析水線資料與數值模擬進行比較。橘色箭頭為影像與模擬 區域相對應之位置,於該處發生越波期間,追算模擬結果於該處亦有 顯著溯升現象產生,惟相對於橘色箭頭處,模擬結果中紅色箭頭處因 地勢較低為較易發生越波之地點。然而,因環境因素影響影像分析於 該事件中,無法有較充足的分析資料進行相關比對,惟目前追算模擬 成果做為機器學習模型訓練樣本應具其合理性。



圖 5.7 FUNWAVE 第一層範圍模擬結果(紅框為人定勝天路段)





圖 5.9 影像分析與溯升追算比對結果

## 5.2.3 機器學習模型建置與分析

本計畫模擬 33 場追算颱風事件結果以上述溯升模擬方式進行各 事件溯升追算模擬,並其計算結果做為機器學習模型建立所用。機器 學習模型輸入部分(input)包含海象追算的波高、週期、潮位及波向; 而輸出部分(output)則為追算的溯升高資料,再進一步匯入 GP 中建置 機器學習溯升模型。圖 5.10 分別為訓練集、驗證集與測試集溯升高推 估與追算計算值比較結果,分析結果顯示各集均方根誤差(Root mean square error, RMSE)分別為 0.13、0.13 及 0.29 公尺,偏差值(bias)皆趨 近於 0.00 公尺,決定係數(r2)皆趨近於 1.00,顯示由溯升追算產製之 資料,於數量與品質上均適合做為訓練樣本,建立機器學習溯升模型。



模型建置後則可介接 TaiCOMS2.0 海象預報資料,進行人定勝天 路段溯升預報。為瞭解目前建立之溯升機器學習模型預報可靠度,本 計畫將其預報資料與本年度溯升感測器與影像分析結果進行比較。透 過本計畫影像分析可行性、海象預報資料與感測器觀測資料篩選,本 年度均有同時取得 3 種資料的颱風事件包含瑪娃颱風與海葵颱風兩 場事件,圖 5.11 與圖 5.12 則分別為兩事件,分析比較結果。因感測 器空間解析度較低,於有觀測值之感測器圖示中會加註誤差線(error bar)以利瞭解各值之誤差關係。於比較結果顯示模型預報與影像分析 結果,大多位於感測器觀測值誤差線範圍之間,此代表目前預報與影 像分析結果應據其合理性。然而,於瑪娃颱風事件中,其預報值大多 能夠保守預報;海葵颱風事件則有部分低估預報情形發生,此應與海 象預報可靠度有關。整體而言,影像分析與溯升預報相對於感測器觀 測資料,仍有一定的誤差存在,但大多仍可在誤差區間內,應可做為 未來精進預報模型與影像分析之參考。



圖 5.11 溯升預報、感測器觀測值與影像分析高程之比較結果 (2023 瑪娃颱風事件)



圖 5.12 溯升預報、感測器觀測值與影像分析高程之比較結果 (2023 海葵颱風事件)

## 第六章 結論與建議

#### 6.1 結論

本計畫主要透過網路攝影機監視影像資料,利用影像判釋方式發展溯升/越波觀測技術,藉以做為越波(浪襲)警示所用。本計畫為4年期計畫之第2年期,需完成「夜間」越波影像判釋技術研發、自動化 判釋技術發展及機器學習溯升模型發展,俾利未來做為海岸公路與港 灣越波警示參考,主要研究成果概述如下:

- (一)為進行夜間影像溯升/越波判釋,112年5月12日運技中心於人 定勝天段架設光學與熱成像攝影機,藉此觀測日、夜間溯升情況。 本計畫已蒐集相關影像資料,並依不同情境進行說明。其中,包 含颱風期間(2023年瑪娃颱風)日間影像與夜間影像,且分別就有 /無降雨情境來討論。此外,依據前期計畫之經驗,變更溯升計配 置,以期獲得更多溯升資料。溯升感測器位置擇定與布設已於5 月26日安裝7顆感測器於3個斷面,且於瑪娃、杜蘇芮、卡努、 蘇拉及海葵颱風影響臺灣沿海期間,成功記錄到溯升資料。
- (二)為精進本計畫影像判釋溯升技術,本年度修改判釋方法與流程, 以期能提升未來日、夜間影像判釋之可靠度。已建立該判釋方法, 並完成與人為判釋資料以及前期計畫判釋成果之比對,其精確度 確實有所提升,並更有利於運用於本年度夜間影像判釋作業之 中。另外,於影像描述部分,已於新架設攝影機後,完成現地控 制點量測,並配合共線方程進行攝影機影像坐標轉換,結合 DEM 資料,成功建立目前光學/熱成像攝影機影之影像數位高程。
- (三)於自動化影像判釋系統建置方面,已完成不同影像來源之自動擷 取影像測試與下載頻率測試。測試結果顯示,透過本計畫所撰寫 自動化擷取程式,已能以API連結方式達到自動擷取影像之成效。 而在下載頻率測試部分,本計畫以多核心平行執行方式,同時進 行不同來源影像自動下載作業。目前自動化擷取下來的影像與執 行擷取的時間雖有些微差異,惟其對後續自動化溯升判識功能影

響不大,仍於可以接受範圍。此外,已完成自動化影像判釋系統 建立,透過FTP 方式回傳即時影像分析結果至中心。

(四)於機器學習溯升模型發展方面,溯升機器學習模型建置作業已完成海象追算、近岸溯升模式建模與測試、模型建置與分析等。追算模擬所採用風場為混合風場,採用「再分析風場(ECMWF-ERA5再分析風場資料)」與「參數風場(Modified Rankine Vortex, MRV)」來進行風場混合。本計畫已完成33場颱風(1990年至2022年)追算模擬,每場颱風至少模擬252小時。運用FUNWAVE模式進行近岸溯升模擬,已完成人定勝天路段與外圍海域之建模作業,以多重巢狀網格方式來進行模擬。模擬分析顯示,當波浪由外海向近岸傳遞時,因外海礁岩地形影響,使波浪於人定勝天路段外側海域發生折繞射效應,使其波向有所改變,能量亦有所衰減。此外,已透過預報資料、驗證溯升感測器與影像分析結果。整體而言,影像分析與溯升預報相對於感測器觀測資料,仍有一定的誤差存在,但大多仍可在誤差區間內,應可做為未來精進預報模型與影像分析之應用參考。

#### 6.2 建議

- (一)本年度已初步建立機器學習溯升模型,並進行預報驗證比對。111-112年並累積觀測資料(影像分析與溯升感測器),未來應可將該觀 測資料進行率定,並匯入模型中進行修正,以期提升模型可靠性。
- (二)於預報資料比對時,相較於感測器觀測資料,預報資料中部分時間點仍有顯著的誤差存在。然而,其誤差來源可能為海象預報, 亦有可能為模型本身誤差。後續應可透過再分析資料比對,或是不同海象預報資料來進行比對,以瞭解其誤差來源。

### 6.3 成果效益及應用情形

- (一)已完成開發日/夜間影像判釋溯升技術,並建立自動化判釋系統, 業已於中心進行架設,已達能夠自動下載影像與分析成效。此外, 藉由影像警戒線劃設與燈號功能建置,可提供公路單位應用於公 路浪襲警戒,以提升車輛行駛與尋撿人員之安全。
- (二)完成建置「機器學習溯升模型」,並透過 TaiCOMS2.0 海象預報 進行溯升/越波預報。此部分可精進既有浪襲預警系統,且未來可 銜接影響判釋分析之觀測結果,使其進行學習訓練更為在地化。 未來介接之浪襲預警系統後,其可提供更彈性與可靠之浪襲預報 資訊,供公路單位防災決策之應用參考。

# 参考文獻

- Abolfathi, S., Yeganeh-Bakhtiary, A., Hamze-Ziabari, S. M., & Borzooei, S., 2016. Wave runup prediction using M5' model tree algorithm. Ocean Engineering, 112, 76-81.
- 2. Andriolo, U., 2019. Nearshore wave transformation domains from video imagery. Journal of Marine Science and Engineering, 7(6), 186.
- Bakhtyar, R., Bakhtiary, A. Y., & Ghaheri, A., 2008. Application of neuro-fuzzy approach in prediction of runup in swash zone. Applied Ocean Research, 30(1), 17-27.
- Bechle, A. J., Wu, C. H., Liu, W. C., & Kimura, N. (2012). Development and application of an automated river-estuary discharge imaging system. Journal of Hydraulic Engineering, 138(4), 327-339.
- Beuzen, T., Goldstein, E. B., & Splinter, K. D., 2019. Ensemble models from machine learning: an example of wave runup and coastal dune erosion. Natural Hazards and Earth System Sciences, 19(10), 2295-2309.
- da Silva, P. G., Coco, G., Garnier, R., & Klein, A. H., 2020. On the prediction of runup, setup and swash on beaches. Earth-Science Reviews, 103148.
- den Bieman, J. P., de Ridder, M. P., & van Gent, M. R., 2020. Deep learning video analysis as measurement technique in physical models. Coastal Engineering, 158, 103689.
- EurOtop, 2016. Manual on wave overtopping of sea defences and related structures: An overtopping manual largely based on european research, but for worldwide application, Second Edition, Authors: J.W. van der Meer, N.W.H. Allsop, T. Bruce, J. DeRouck, A. Kortenhaus, T. Pullen, H. Schüttrumpf, P. Troch and B. Zanuttigh.
- 9. FHWA, 2014. Highways in the Coastal Environment: Assessing Extreme Events. Hydraulic Engineering Circular, 25(2), FHWA-NHI-

14-006, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration.

- Liu, Y. and Wu, C.H., 2019. Lifeguarding operational camera kiosk system (LOCKS) for flash rip warning: Development and application. Coastal Engineering, 152.
- Maryan, C., Hoque, M.T., Michael, C., Ioup, E. & Abdelguerfi, M., 2019. Machine learning applications in detecting rip channels from images. Applied Soft Computing, 78: 84-93.
- Mase, H., Tamada, T., Yasuda, T., Hedges, T. S., & Reis, M. T., 2013. Wave runup and overtopping at seawalls built on land and in very shallow water. Journal of waterway, port, coastal, and ocean engineering, 139(5), 346-357.
- Molfetta, M., Valentini, N. & Damiani, L. (2015). Coastal Video Monitoring system: results and perspectives. In Contributi di Ricerca 1-Research Contributions 1: 1° Workshop sullo stato dell'arte delle ricerche nel Politecnico di Bari–1st Workshop on the State of the Art and Challenges of Research Efforts at POLIBA (p. 9). Gangemi Editore SpA.
- Passarella, M., Goldstein, E. B., DEMURO, S., & Coco, G., 2018. The use of genetic programming to develop a predictor of swash excursion on sandy beaches.
- Sabino, A., Rodrigues, A., Araújo, J., Poseiro, P., Reis, M.T., & Fortes, C.J., 2014. Wave overtopping analysis and early warning forecast system. Computational Science and Its Applications (ICCSA 2014), Cham, 267-282.
- 16. Scott, F., Antolinez, J. A., McCall, R., Storlazzi, C., Reniers, A., & Pearson, S., 2020. Hydro-morphological characterization of coral reefs for wave runup prediction. Frontiers in Marine Science.
- 17. Zhang, Y. J., Ye, F., Stanev, E. V., & Grashorn, S., 2016. Seamless

cross-scale modeling with SCHISM. Ocean Modelling, 102, 64-81.

18. 賴岱佑 (2008) "數位影像分析之智慧型監視系統",文魁資訊。

- 19. 郭晉安、簡仲和 (2009) "高斯模糊函數應用於波浪水位影像偵測研究",第31 屆海洋工程研討會,台中,國立中興大學,pp.775-780.。
- 20. 周宗仁、石瑞祥、翁文凱、黃恩得 (2011) "CCD 遙測波浪適用 於現場觀測研究(Ⅱ)",第33 屆海洋工程研討會論文集,國立高 雄海洋科技大學, pp. 711-716。
- 21. 王敘民、陳盈智、董東璟、滕春慈 (2017) "海岸瘋狗浪光學影像 分析之研究",第 39 屆海洋工程研討會論文集,弘光科技大學, pp. 555-560。
- 22. 交通部運輸研究所 (2018) "海岸公路異常波浪特性及防災應用技術之研究"。
- 23. 董東璟、蔡政翰、蔡仁智、陳憲宗 (2019) "異常海象機率預警研 究與作業試用(4/4)",交通部中央氣象署研究報告。
- 24. 交通部運輸研究所 (2021) "花蓮海岸公路浪襲預警及防災應用 技術之研究"。
- 25. 莊士賢、徐新綸、陳美慧、劉正千、鍾曉緯 (2021) "應用深度學習自動識別光學影片中離岸流",第43 屆海洋工程研討會論文集,國立中央大學,pp. 89-94。
- 26. 經濟部水利署第六河川局,2021年,110年第六河川局河川監測 資訊管理精進計畫。
- 27. 國災災害防救科技中心,2019年,「山區洪水偵測方法」(專利發明第1650529號)應用於全台土石流觀測站之測試。
- 28. 國災災害防救科技中心,2019年,海岸聚落環境調查與致災風險 評估研究-花蓮為例。

附錄一

期中報告審查意見回覆及辦理情形

壹、會議名稱:「MOTC-IOT-112-H3CB001d應用影像智慧化技術判釋海岸 公路及防波堤越波研究(2/4)-夜間越波判釋」計畫期中報告 審查會議

貳、時間:112年8月15日(星期二)下午2時

- 參、地點:本所港灣技術研究中心2樓簡報室
- 肆、主持人:蔡立宏主任

紀錄:陳鈞彦

伍、出席單位及人員:如後附簽到表

陸、審查意見:

委員意見	意見回覆與處理情形表	本所計畫承辦單位審查意見
一、陳冠宇委員		
1.影像觀測儀器與溯升感	感謝委員意見。確如委員所	同意合作單位之說明。
測器之位置與角度,可能	述,影像觀測儀器易因外力	
會受風、浪、地震之影響	影響而位移,並影響原率定	
而歪斜改變,若真發生,	共線方程參數之可靠性。然	
影像圖之套疊邊界即不	而,現地影像觀測遭遇自然	
重合,(3-7)、(3-8)之共線	環境影響衝擊乃為無法避	
方程式亦不再適用,如何	免之情況,研究團隊僅能以	
避免?	「災後維護」方式進行整	
	備。當儀器受影響時,再以	
	重新率定共線方程參數方	
	式,盡可能恢復儀器持續監	
	測之能力。	
2.共線方程式之容許誤差	於目前影像描述方面,光學	同意合作單位之說明。
為何?	影像高程平均誤差為 4.3	
	cm;熱成像高程平均誤差	
	為 4.9 cm。	
3.溯升計與影像觀測結果	相關資料已蒐集彙整,並於	同意合作單位之說明及修
是否一致?	本報告 3.2.2 節進行相關比	正。
	對,探討其一致性。	
4.高斯濾波器處理後之影	感謝委員意見,本計畫主要	同意合作單位之說明及處理
像是否與原影像一致?	是參酌前人文獻來引入高	情形。
有細部間的比對值嗎?	斯濾波器進行處理,依據分	
	析結果顯示,該濾波器的納	
	入對於目前影像水線分析	
	結果影響甚小,但目前系統	
	仍保留此功能,待未來有蒐	
	集更多不同類型影像時,再	
	檢核其特性差異性,相關內	
	容整理於本報告 3.1.1 節。	

5.在資料不足時利用數值 模擬的結果進行訓練十 分合理,惟數值結果應予 以驗證,圖 5-6 是以平均 值(或 H <sub>1/3</sub> )做為驗證,但 要進行機器學習的是個 別波浪的行為(如溯升), 兩者可能不能互相驗證。	感謝委員意見。圖 5-6 是以 H <sub>1/3</sub> 資料進行驗證,惟此僅 為海象追算模擬資料驗證, 期末報告已補充機器學習 模型預報資料、感測器觀測 資料與影像分析結果之驗 證(本報告 5.2.3)。	同意合作單位之說明及處理 情形。
二、黃偉柏委員		
<ol> <li>1.本計畫影像分析方法與 結果已具實用性及可行 性,予以肯定。</li> </ol>	感謝委員肯定。	同意合作單位之說明。
2.目前於颱風深夜,也就是 無光、大雨情境暫無較佳 結果,請問團隊未來如何 精進?	感謝委員意見。確如委員所 述,現地影像觀測受自然環 境影影響顯著,研究團隊是 以建立影像判釋成果合理 性之判斷技術做為主要精 進方向,透過此方法之建 立,已於未來自動化判釋中 濾除無效判釋之結果,以提 升判釋系統之可靠性。	同意合作單位之說明。
3.第 3-3 頁,目前誤差量以 「pixel」表示,建議未來 長期應以 m 表示,以符 合實際需求及風險分析 應用考量。	感謝委員建議,目前報告內 之誤差量,同步呈現 pixel 與 m 兩種單位,分別代表 計算與量測之像素座標的 距離誤差以及高程誤差,詳 見 3.1.4 節。	同意合作單位之說明及處理 情形。
4.第 5-10 頁請問測量精度 為何?若5m×5m範圍內 無2個測點以上,模擬網 格大小宜調整。	陸域測量精度約1m-2m,目 前網格解析度、合適度應充 足。	同意合作單位之說明。
5.混和風場模式在前驅湧 浪的模擬表現為何?可 否將模擬結果與臺東大 洋浮標監測數據作比 對?	感謝委員建議,前驅湧浪確 實為海象模擬之難題,未來 或許能夠納入研究考量。	同意合作單位之說明。
三、溫志中委員		
1.期中報告成果內容豐富。	感謝委員肯定。	同意合作單位之說明。
<ol> <li>2.智慧化影像分析挑選之 影像建議可依波浪週期</li> <li>予以分割浪況呈現。</li> </ol>	感謝委員建議,團隊會於分 析成果中標註相關浪況資 訊。	

3.1.9 節背景現況說明,請	感謝委員建議,已更新 1.9	
更新海氣象資料年份。	節環境背景資料至最新統計容料在座。	
4. 試說明影像公析中「大	山貝州十及 咸謝香昌建議,海象情语,	同音合作留位之前明及虚理
□····································	思谢安只足或 海家 / 現之 大浪、中浪、小浪係依據交	情形。
	通部中央氣象署定義,小浪	
	波高介於 0.6 公尺至 1.5 公	
	尺,中浪波高介於1.5公尺	
	全 2.5 公尺,大浪則為波高	
	入於 2.3 公尺。相關內谷王 現於 3 3 箭。	
5	元// 5.5 即 日前 判釋方面 并 毎 纳 λ 波	同音 合作 留位 之 治明。
3. 减极過程自忘儿外杆处 波現象中之波浪或風的	<b></b>	内心日作十位之此的
效應?	像分析為主要判釋依據。	
四、蘇元風委員(書面意見)		
1.本計畫首先蒐整研究區	感謝委員建議,已納入國家	同意合作單位之說明及處理
域之氣象、海象資料,同	災害防救科技中心之「海岸	情形。
時也蒐集 2015 至 2018	聚落環境調查與致災風險	
之海岸道路遭海浪侵襲	評估研究-花蓮為例」相關	
之災善事件,以了解研	內谷於 1.9.4 即, 亚新增今 (112) 年 5 日公理は昭日	
九四域氓現行性值付月 定,近5 年雖然較小贻	(112) 平度 5 月初均姓颱風 彩招重任。	
風告成之海岸災害案	<b>火</b> 狼 于 11	
例,建議可回朔至更早		
以前的道路,並可蒐集		
非研究區域之災例做為		
借鏡。建議可參閱國家		
災害防救科技中心之		
「海岸聚落環境調查與		
致災風險評估研究-花蓮		
為例」計畫報告書。		
2.報告中公式的編號未按	感謝委員指導,已重新修正	同意合作單位之修正。
照順序,第一章與第二	编號。	
早的公式則木編號,		
7 五八回始時四朝 桂	计划手导比道 刁千就次工	
<ol> <li>3. 第一章的圖編號混亂,請</li> <li>重新檢視並修正。</li> </ol>	感謝安貝指导, 匕重新修止 編號。	
4.K-means 為本計畫中最主	感謝委員建議,已於 3.1.2	
要運用的非監督式分類	節補充 K-means 相關說明	
方法,其演算法應於報	與其計算公式。	
告詳盡介紹,包含重要		
計算公式。		

5.演算過程中分為第一次	感謝委員意見,團隊會以強	同意合作單位之說明。
與第二次影像分析,如	化判斷通用性為優先,測試	
第一次影像分析結果不	判釋法多種情境之適用性,	
盡理想,再以第二次影	並置入判釋成果判斷合適	
像分析子區別運算,但	性之功能,以期提高自動化	
這樣的流程需要人為判	判釋溯升之能力。	
斷,未來若此系統期望		
能自動化判釋海岸溯		
升,應如何改善此演算		
濯輯?		
(上回2)海回22八为队	广州东吕母华, 周兴口测址	
0.田園 3-2 興國 3-3 分為医	感谢安貝建議,團隊C测試 丁曰其並作从 以咗知口兰	
<b>靖且小</b> 很、卜雨且大很,	个问馆境除任,以瞭解日则	
影像 中都 可 有 出 海 水 因	判释力法之合週性(本報告	
為碎波的關係使得 完度	3.3 前)。	
較局,因此容易透過分		
群方法區出海水與消波		
塊,但是若晴朗而風平		
浪靜的情況下,海水與		
消波塊交界處可能較不		
易判釋,建議由所蒐集		
影像中找出各種波浪條		
件下的影像進行測試,		
嘗找出在某種波浪條件		
不適用此影像分析方式		
案例,對於此方法適用		
的環境條件將有更進一		
步了解。		
7.承上, CCTV 書面將記錄	威謝委員建議,情境說明已	
下各種氣象與海象條件	依據晴天、陰天和雨天三種	
的影像,建議氣象上可	氣象條件,搭配大浪、中浪	
分為晴朗、陰天、雨滴遮	和小浪三種海象條件進行	
蔽書面,海象上可分為	說明,詳見3.3節。	
<b>垂浪、小浪、大浪或</b> 參照		
其他波浪分級標準,區		
分不同氣象與海象條件		
下,此方法之適用情形。		
2回27的回22建美可以	式 谢禾 昌 建 送 , 口 八 则 日 珥	
D·回 J-1 兴回 J-0 建硪竹以	战刚女只廷哦'U万加王巩 京斯波波昭休田兰佐山思	
你回业外旗队,业引加	同圳 腮 次 命 伏 巾 刖 俊 之 彩 侮 圳 鋰 升 田 . 迁 日 回 ? 7	
八 mistogram 亚列雅放。	你判祥結木, 計兄回 5-/、 回 2 0 由回 2 0 -	
	◎ J-0 宍回 J-7。	
9.研究中有選擇 31 個控制	感謝委員建議,本團隊亦有	
點,然而分布集中在畫	於放置感測器之消波塊上	
面的左側且多在 ROI 之	量測控制點。但因現場能夠	

外,在轉換座標時可能 立足佈點之處有限,僅能就	
產生較大的誤差,建議目前有量測之控制點來納	
在有適當安全措施下,入座標轉換之中。	
將控制點設置消波塊或	
是靠近海岸處,使控制	
點的空間分布較為均	
10 中於治波海的排列為三 咸谢禾昌建議, 團 隊日前已	
10.田水闲放现的排列向问题谢安良廷嘏,图你日前已	
四起伏, 亚不如海绵, 多了此足硪水本計量足工 田, 田北 CCTV 書面所 影像划游描述激光功能。	
坦·因此 CCIV 重曲/川 影像升 酿 越 极 言 戒 为 能 。 划 釋 之 治 泣 抽 崩 泣 水 六	
· 升梓之阴 <b>汲</b> 观兴两小文 男娘并 <b>工</b> 命左曰一佣言	
尔脉亚个曾任问"回向 积上,西阳得级料动流	
<i>枉上' 安</i> 取付把到的海 当始百妇訪为田雄,位	
<b>F</b> 绿 同 桂 牧 為 凶 難 , 依 雷 瓜 能 瓜 欢 日 始 , 建 兰	
建研/I)研九日的, 廷武 可收治北京田伯云岩送	
り 府 <i></i> 伊	
哈匝间劃設二寺級書批 (加丁回由始集, 短, 加	
(如下國中的更、熵、紅	
巴區域 ) 類似內川小位 敵士士士,告以後八七	
言 代 刀 式 , 虽 家 係 分 析	
之波浪溯升至重面中的	
行 走 但 直 时 , 判 斷 對 於	
海岸道路輕微至紊志的	
卮害程度,供業務単位 旧化社社,先行日本土 图	
探作時較為便利與直覚	
1년 °	
IP RTZ Camera	
11.非監督式方法雖然可以威謝委員建議,監督式學習	
快速找到海水與消波塊方法確實可以做為未來發	
之交界線,但是目前2階展方向。現階段太計書是先	
段的分析尚有可精進之以於 CCTV 建立影像判識	
處,例如:第2階段影像技術為目標,並將其資料運	
分析啟動的判斷、第2階用於預整系統檢視 與影像	
段分群數量與2值化影 警戒系統建立之中。待對影	
像的產製(類別的整像判識技術、影像特性與環	
併)、第2階段分區之間境因子影響等瞭解程度較	

结果的整合是否有岸線	深入,並將各情境條件影像	
不連續問題等,建議未	蒐集較完備後,可再進一步	
來可考慮監督式分類方	提升影像判識技術能力。	
法,雖然監督式分類方		
法需要大量訓練資料,		
但更直接得到海水與消		
波塊之分類結果,在未		
來若要達自動化的演算		
上將較為便利。未來亦		
可考慮使用深度學習網		
路 (例如: CNN、U-		
NET 等)進行分類。		
1)	式谢禾吕辛日,收扒扣士扣	
12. 期中報音書對於後间影	<b>感谢安貝息</b> 兄, 府尔明不報	
像分析的成本抽 迎 較	<b>音補</b> 允說	
グ, 建議補允夜间影係		
的分群特性分析。		
13.類似之影像分析方法在	感謝委員建議,「山區洪水	
山區洪水偵測的應用,	偵測方法」採用 K-means 分	
過去已有專利發表 「山	群法進行影像判釋,相關資	
區洪水偵測方法」,建議	訊已納入 3.1.2 節與參考文	
可象者列入象者文獻。	唐·天 。	
五、陳麗華委員(書面意見)	1111	
五、陳麗華委員(書面意見) 1.112 年增設熱成像攝影	MWX 感謝委員肯定。	同意合作單位之說明。
五、陳麗華委員(書面意見) 1.112 年增設熱成像攝影 機,可補足夜間藉由書面	感謝委員肯定。	同意合作單位之說明。
五、陳麗華委員(書面意見) 1.112 年增設熱成像攝影 機,可補足夜間藉由畫面 應用 AI 智慧提供公路浪	感謝委員肯定。	同意合作單位之說明。
五、陳麗華委員(書面意見) 1.112 年增設熱成像攝影 機,可補足夜間藉由畫面 應用 AI 智慧提供公路浪 襲預警資訊,可即時掌握	感謝委員肯定。	同意合作單位之說明。
五、陳麗華委員(書面意見) 1.112 年增設熱成像攝影 機,可補足夜間藉由畫面 應用 AI 智慧提供公路浪 襲預警資訊,可即時掌握 人定勝天路段現場道路	感謝委員肯定。	同意合作單位之說明。
五、陳麗華委員(書面意見) 1.112 年增設熱成像攝影 機,可補足夜間藉由畫面 應用 AI 智慧提供公路浪 襲預警資訊,可即時掌握 人定勝天路段現場道路 狀況,提升巡檢人員及用	感謝委員肯定。	同意合作單位之說明。
五、陳麗華委員(書面意見) 1.112 年增設熱成像攝影 機,可補足夜間藉由畫面 應用 AI 智慧提供公路浪 襲預警資訊,可即時掌握 人定勝天路段現場道路 狀況,提升巡檢人員及用 路人安全。	感謝委員肯定。	同意合作單位之說明。
五、陳麗華委員(書面意見) 1.112 年增設熱成像攝影 機,可補足夜間藉由畫面 應用 AI 智慧提供公路浪 襲預警資訊,可即時掌握 人定勝天路段現場道路 狀況,提升巡檢人員及用 路人安全。 2 網路訊號影響坐學影像	感謝委員肯定。	同意合作單位之說明。
五、陳麗華委員(書面意見) 1.112 年增設熱成像攝影 機,可補足夜間藉由畫面 應用 AI 智慧提供公路浪 襲預警資訊,可即時掌握 人定勝天路段現場道路 狀況,提升巡檢人員及用 路人安全。 2.網路訊號影響光學影像 及執式像其短,網路速度	感謝委員肯定。 網路傳輸會影響以後警戒 系統資料傳派, 雌丰來可添	同意合作單位之說明。 同意合作單位之說明。
五、陳麗華委員(書面意見) 1.112 年增設熱成像攝影 機,可補足夜間藉由畫面 應用 AI 智慧提供公路浪 襲預警資訊,可即時掌握 人定勝天路段現場道路 狀況,提升巡檢人員及用 路人安全。 2.網路訊號影響光學影像 及熱成像甚鉅,網路速度 影響洪式 CCTV 式像天	感謝委員肯定。 網路傳輸會影響以後警戒 系統資料傳遞,惟未來可透 過偿傳源軟調的支出報法。	同意合作單位之說明。
五、陳麗華委員(書面意見) 1.112 年增設熱成像攝影 機,可補足夜間藉由畫面 應用 AI 智慧提供公路浪 襲預警資訊,可即時掌握 人定勝天路段現場道路 狀況,提升巡檢人員及用 路人安全。 2.網路訊號影響光學影像 及熱成像甚鉅,網路速度 影響造成 CCTV 成像不 達林、工即時, 具不影響	感謝委員肯定。 網路傳輸會影響以後警戒 系統資料傳遞,惟未來可透 過僅傳遞數據的方式解決。	同意合作單位之說明。 同意合作單位之說明。
五、陳麗華委員(書面意見) 1.112 年增設熱成像攝影 機,可補足夜間藉由畫面 應用 AI 智慧提供公路浪 襲預警資訊,可即時掌握 人定勝天路段現場道路 狀況,提升巡檢人員及用 路人安全。 2.網路訊號影響光學影像 及熱成像甚鉅,網路速度 影響造成 CCTV 成像不 清楚、不即時,是否影響 影像 料釋(如圖 27 五圖	感謝委員肯定。 網路傳輸會影響以後警戒 系統資料傳遞,惟未來可透 過僅傳遞數據的方式解決。	同意合作單位之說明。
五、陳麗華委員(書面意見) 1.112 年增設熱成像攝影 機,可補足夜間藉由畫面 應用 AI 智慧提供公路浪 襲預警資訊,可即時掌握 人定勝天路段現場道路 狀況,提升巡檢人員及用 路人安全。 2.網路訊號影響光學影像 及熱成像甚鉅,網路速度 影響造成 CCTV 成像不 清楚、不即時,是否影響 影像判釋(如圖 2-7 至圖 2 10)。	感謝委員肯定。 網路傳輸會影響以後警戒 系統資料傳遞,惟未來可透 過僅傳遞數據的方式解決。	同意合作單位之說明。
五、陳麗華委員(書面意見) 1.112 年增設熱成像攝影 機,可補足夜間藉由畫面 應用 AI 智慧提供公路浪 襲預警資訊,可即時掌握 人定勝天路段現場道路 狀況,提升巡檢人員及用 路人安全。 2.網路訊號影響光學影像 及熱成像甚鉅,網路速度 影響造成 CCTV 成像不 清楚、不即時,是否影響 影像判釋(如圖 2-7 至圖 2-10)。	感謝委員肯定。 網路傳輸會影響以後警戒 系統資料傳遞,惟未來可透 過僅傳遞數據的方式解決。	同意合作單位之說明。
五、陳麗華委員(書面意見) 1.112 年增設熱成像攝影 機,可補足夜間藉由畫面 應用 AI 智慧提供公路浪 襲預警資訊,可即時掌握 人定勝天路段現場道路 狀況,提升巡檢人員及用 路人安全。 2.網路訊號影響光學影像 及熱成像甚鉅,網路速度 影響造成 CCTV 成像不 清楚、不即時,是否影響 影像判釋(如圖 2-7 至圖 2-10)。 3.1-9 節後,表、圖與內文	感謝委員肯定。 網路傳輸會影響以後警戒 系統資料傳遞,惟未來可透 過僅傳遞數據的方式解決。 感謝委員意見,已修正編	同意合作單位之說明。
五、陳麗華委員(書面意見) 1.112 年增設熱成像攝影 機,可補足夜間藉由畫面 應用 AI 智慧提供公路浪 襲預警資訊,可即時掌握 人定勝天路段現場道路 狀況,提升巡檢人員及用 路人安全。 2.網路訊號影響光學影像 及熱成像甚鉅,網路速度 影響造成 CCTV 成像不 清楚、不即時,是否影響 影像判釋(如圖 2-7 至圖 2-10)。 3.1-9 節後,表、圖與內文 無法對應。	感謝委員肯定。 網路傳輸會影響以後警戒 系統資料傳遞,惟未來可透 過僅傳遞數據的方式解決。 感謝委員意見,已修正編 號。	同意合作單位之說明。
五、陳麗華委員(書面意見) 1.112 年增設熱成像攝影 機,可補足夜間藉由畫面 應用 AI 智慧提供公路浪 襲預警資訊,可即時掌握 人定勝天路段現場道路 狀況,提升巡檢人員及用 路人安全。 2.網路訊號影響光學影像 及熱成像甚鉅,網路速度 影響造成 CCTV 成像不 清楚、不即時,是否影響 影像判釋(如圖 2-7 至圖 2-10)。 3.1-9 節後,表、圖與內文 無法對應。 4.第六章結論(二)第三行文	感謝委員肯定。 網路傳輸會影響以後警戒 系統資料傳遞,惟未來可透 過僅傳遞數據的方式解決。 感謝委員意見,已修師內文	同意合作單位之說明。
<ul> <li>五、陳麗華委員(書面意見)</li> <li>1.112 年增設熱成像攝影 機,可補足夜間藉由畫面 應用 AI 智慧提供公路混 襲預警資訊,可即時掌握 人定勝天路段現場道路 狀況,提升巡檢人員及用 路人安全。</li> <li>2.網路訊號影響光學影像 及熱成像甚鉅,網路透度 影響造成 CCTV 成像不 清楚、不即時,是否影響 影像判釋(如圖 2-7 至圖 2-10)。</li> <li>3.1-9 節後,表、圖與內文 無法對應。</li> <li>4.第六章結論(二)第三行文 字 3個「與」,(三)第五</li> </ul>	<ul> <li>感謝委員肯定。</li> <li>網路傳輸會影響以後警戒 系統資料傳遞,惟未來可透 過僅傳遞數據的方式解決。     </li> <li>感謝委員意見,已修師內文 用詞。     </li> </ul>	同意合作單位之說明。
五、陳麗華委員(書面意見) 1.112 年增設熱成像攝影 機,可補足夜間藉由畫和 應用 AI 智慧提供公路 襲預警資訊,可即時掌握 人定勝天路段現場道路 狀況,提升巡檢人員及用 路人安全。 2.網路就影響光學影像 及熱成像甚鉅,網路速度 影響造成 CCTV 成像不 清楚、不即時,是否影響 影像判釋(如圖 2-7 至圖 2-10)。 3.1-9 節後,表、圖與內文 無法難應。 4.第六章結論(二)第三行文 字3個「與」,(三)第五 行文字2個「進行」建議	感謝委員肯定。 網路傳輸會影響以後警戒 系統資料傳遞,惟未來可透 過僅傳遞數據的方式解決。 感謝委員意見,已修正編 號。 感謝委員意見,已修飾內文 用詞。	同意合作單位之說明。

5.準確性待強化,量化驗證	感謝委員意見,颱風事件較	
與近年颱風數較少有關,	少確實會影響數據資料蒐	
因實際擷取颱風波浪數	集,但現階段仍可透過不同	
據較少。	情境資料來進行判釋技術	
	之測試。	
六、羅偉佑委員(書面意見)		
1.報告第 2-3 頁,報告中敘	(1)感謝委員意見,已補充	
明:「成功紀錄瑪娃颱風	颱風年度。	
影響臺灣沿海期間(5/28-	(2)感謝委員建議,本計畫	
5/31)的波浪溯升情形」,	會再針對該時間影像進行	
以下意見:	檢視,以瞭解其對計畫區之	
(1) 瑪娃颱風為 112 年度之	影像分析可行性。	
颱風,故報告中影響期		
間應加入年份,以利閱		
讀 ·		
(2) 112 年於瑪娃颱風之後		
有谷超颱風,雖未發布		
海警,中央氣象局於		
112 年 6 月 9 日對臺灣		
東部發布長浪警報,且		
確實於112年6月10日		
8:00 對花蓮港造成港內		
湧浪高達1.26公尺,故		
也可能對花蓮縣台 11		
線人定勝天路段造成影		
響,請釐清谷超颱風期		
間人定勝天路段波浪溯		
升情形,如記錄蒐集狀		
况及分析可行性。		
2.影像為本計畫案最重要	感謝委員建議,未來若需更	
分析資料,光學與熱成像	換判釋越波區域時,可再針	
攝影鏡頭均受降雨影響	對方向性進行測試評估。	
影像品質,以花蓮港建置		
鏡頭經驗,鏡頭朝南拍攝		
受東北季風及降雨影響		
較低,建議可嘗試測試評		
估。		
七、本所港灣技術研究中心	2蔡立宏主任	
1.本案應用之攝影機等設	目前主要維護方式是由中	
備維護方式為何?	心協助該計畫硬體方面之	
	維護;而判釋系統部分則由	
	團隊負責建立與維運。	

2.後續自動化流程建立後,	感謝委員意見,該系統建立	
系統未來提供應用其維	後仍須持續分析該影像情	
運方式之建議?	境資料(尤其是颱風越波事	
	件),藉以確認分析程式應	
	對各天候情境之可行性,並	
	精進該技術之分析方法。	
3.有無影像解析度或其他	除影像解析度提升會有助	
因素可提升自動化判釋	影像判釋外,未來自動化系	
效率?	統之流程亦需測試並標準	
	化,並訂立傳輸資料原則,	
	藉以提升系統整體運作效	
	率。	
八、本所港灣技術研究中心	3林雅雯科長	
1.第1-1頁介接本所預報系	感謝委員意見,已修改相關	
統,應為臺灣近岸海象預	內文。	
測系統 (TaiCOMS2.0)。		
2.報告書圖標題符號使用	感謝委員意見,已修改編號	
1.1、表標題使用 1-1 及第	方式。	
1章圖號編排有誤,請依		
本所出版品格式製作。		
3.第1-19頁, 瘋狗浪事件之	感謝委員意見,已更新統計	
統計期間建議補充。	數據。	
4.第 3-27 頁,夜間影像判釋	感謝委員意見,已於期末報	
較難用目前字眼描述,建	告中修正。	
議修正。		
5.第 3-30 及 3-31 頁,以小	感謝委員建議,已於期末報	
浪及大浪等情形來進行	告中補充說明越波影像驗	
影像分析驗證,建議有越	證成果(本報告 5.2.3 節)。	
波影像之水線判釋及驗		
證?		
6.第 5-13 頁有驗證,是否拿	感謝委員意見,基本上本計	
TaiCOMS2.0 資料及近期	畫進行驗證與比對可分為	
有越波之颱風事件做測	兩部分,其一為溯升模型建	
試?第 5-14 頁特定位置	立前樣本資料的驗證,其包	
之外海海象條件為何?建	含海象追算驗證與溯升驗	
議補充說明。	證兩類;其二則是模型建立	
	後導入 TaiCOMS 2.0 預報	
	資料進行近期溯升/越波驗	
	證,此可與現行浪襲系統比	
	對(本報告 5.2.3 節)。	

7.本年度颱風例如瑪娃等	感謝委員意見,已期末報告 中計去於明指,中野城上開	同意合作單位之說明及處理
之 溯 升 彰 像 判 释 、 波 浪 溯 升 感 測 器 及 預 警 系 統 之	中補允說明越波驗證成未 (本報告 5.2.3 節)。	<b>悄</b> 形。
驗證,建議補充。		
8.第 3-1 頁影像預處理、2	目前影像處理流程至呈現	同意合作單位之說明。
次影像判釋水線所需時	水線資料約需3秒時間。	
間為何?影像最終呈現速		
度為何?建議補充說明。		
九、本所港灣技術研究中心	<b>\$陳鈞彥副研究員</b>	
1.建議分析結果驗證呈現,	感謝委員建議,已於期末報	同意合作單位之說明及處理
於期末報告階段以今年	告補充修改(本報告 5.2.3	情形。
度(112 年)颱風為示範案	節)。	
例,如:瑪娃颱風等。		
2.即時影像截取速率於分	感謝委員意見,團隊將測試	同意合作單位之說明。
析判釋並產出判釋結果	評估,並已與中心討論未來	
發布所需時間之影響,請	應用方式。	
國立成功大學評估較適		
合之方案,以利應用。		

附錄二

期中報告審查意見回覆及辦理情形

壹、會議名稱:「MOTC-IOT-112-H3CB001d應用影像智慧化技術判 釋海岸公路及防波堤越波研究(2/4)-夜間越波判釋」計 畫期末報告審查會議

貳、時間:112年11月9日(星期四)下午2時

參、地點:本所港灣技術研究中心5樓第一會議室

肆、主持人:蔡立宏主任

紀錄:陳鈞彦

伍、出席單位及人員:如後附簽到表

陸、審查意見:

委員意見	意見回覆與處理情形表	本所計畫承辦單位審查意見
一、陳冠宇委員		
<ol> <li>建議確認本年度之目標, 影像判釋是驗證預警系 統,還是做為預警系統之 輸入參數?</li> </ol>	感謝委員意見,本年度機器 學習預警系統乃為初步建 立階段,因而影像判釋資料 目前主要為驗證預警系統 所用。待溯升影像資料較為 完備後,後續可將判釋資料 視為觀測成果納入機器學 習模型內進行學習,期使模 型更為在地化。	同意合作單位之說明。
2.溯升感測器之角色釐清 (驗證影像、預警系統或 輸入參數)?	感謝委員意見,本計畫中不 管是影像判釋或是預警系 統都為正建置階段的技術。 而感測器其觀測機制相對 可為本計畫目前溯升 唯一真值(較可靠之觀測 值),因此其主要是扮演影 像判釋結果與預報結果之 驗證角色。	同意合作單位之說明。
3.波浪溯升預報是否已有 滿意結果(如有 RMSE 等 指標參考)?	感謝委員意見,目前分析出 來影像判釋結果與感測器 RMSE約1.89公尺;而溯 升預報與感測器 RMSE約 2.57公尺。然而,相對應位 置之感測器空間調差範圍 約2.23公尺至2.68公尺, 因此目前影像判釋分析與 預報成果均能滿意。	同意合作單位之處理情形。

4.如何將波浪溯升預報結	感謝委員意見,目前仍會以	同意合作單位之處理情形。
果應用在海岸公路之防	預報系統配合警戒燈號方	
災管理?	式進行防災管理,惟目前預	
	報警戒值與影像警戒值定	
	義尚未統一,此應為後續主	
	要解決之問題。	
5.請問如何驗證追算之模	感謝委員意見,因前期計畫	同意合作單位之說明。
擬?花蓮港雖可比對影	中有透過影像觀測方式擷	
像,但無波浪溯升現象。	取到颱風事件期間的溯升	
	資料,本計畫則以軒嵐諾颱	
	風來做為追算驗證資料,其	
	顯示於相同時段均有越波	
	情形發生。	
6.現階段 AI 之輸入參數為	機器學習溯升模型之輸入	同意合作單位之處理情形。
何?是否有溯升感测器、	參數為外海(對應	
影像參數或有原預警系	TaiCOMS2.0 中石門預報點	
統資訊?	位)示性波高、週期、波向及	
	潮位等四個參數,即可進行	
	近岸(人定勝天路段)之溯	
	升預報。因目前模型仍為初	
	步建立階段,因此尚未將觀	
	測資料納入其中考量。後續	
	將會納入感測器與影像判	
	釋資料來進行模型精進。	
二、黄偉柏委員		
1.計畫成果符合原先規劃,	感謝委員肯定。	同意合作單位之說明。
內容豐碩,予以肯定。		
2 圖 3 42 至 3 66 與內文 約	咸谢盉昌音昌,已修改内文	—————————————————————————————————————
证不相符, 结修正。	高號。	内心口下十位之际上
2200 放进送以专口田 白	四,加	日本人ル四ハンガエ
3.3.2.2 即建議以表呈現,包	& 謝 妥 貝 意 見 <sup>,</sup> 匕 補 充 表 3-	同意合作単位之修止。
括情境、可信度等,以利	6 °	
後續應用。		
4.夜間熱成像都有一定的	感謝委員建議,未來防災應	同意合作單位之處理情形。
限制,科技軟硬體的發展	用發展確實應以預報為主,	
未來應能更精進。未來在	影像做為驗證與輔助警戒	
防災的應用應以預報為	所用。未來亦會納入影像判	
主,影像做為驗證,現階	釋相關資料,以探討觀測值	
段應著眼於影像分析結	對於模型改善之成效。	
果與預報做結合,有鑑於		
此,針對 2023 年瑪娃颱		
風模擬的偏差,建議未來		

以正確的邊界條件來模 擬並進行討論。		
5.本計畫未來發展影像監 測與預報未來扮演的功 能及目標為何?	誠如上述,目前影像軟硬體 限制較大,因此未來防災應 用發展目標應以預報系統 發展為主,影像判釋應扮演 驗證、輔助警戒及修正機器 學習模型所用之角色。	同意合作單位之說明。
三、溫志中委員		
<ol> <li>研究成果豐碩,可符合單 位需求。</li> </ol>	感謝委員肯定。	同意合作單位之說明。
2.利用影像判別不同天氣 情境下之案例,建議將降 水量予以呈現,以量化降 水量之影響。	感謝委員建議,未來應可以 參酌委員意見,嘗試分析降 雨量與影像分析參數之關 係。	同意合作單位之說明。
3.溯升預報,感測器及影像 分析上,因溯升感測器為 沿岸單點分布,波浪飛濺 等因素造成潤濕可能與 溯升之定義不同,可予以 說明差異。	感謝委員意見,確實如委員 所述,部分影像判釋分析結 果與感測器結果誤差是來 自於門檻值設定上之差異, 未來可在針對感測器不同 門檻值範圍進行比對討論。	同意合作單位之處理情形。
四、蘇元風委員		
<ol> <li>建議針對夜間影像以監 督式學習法檢視海水的 像素與消波塊像素的亮 度值差異。</li> </ol>	感謝委員建議,本年度目前 以非監督學習分析為主,待 影像資料庫較為豐富後,再 進行監督式學習法,並納入 委員建議進行技術建置。	同意合作單位之說明。
2.歷史影像是否有留存? 建議以監督式方法進行 分類,比較光學與熱成像 影像的特性。	本計畫有依據歷史颱風事 件備存相關影像資料,以利 未來發展監督式學習法。	同意合作單位之說明。
3.鏡頭是否經扭曲校正。	目前鏡頭無扭曲校正。	同意合作單位之說明。
4.機器學習模型需仔細挑 選輸入參數,建議針對如 何挑選有更多評估說明。	感謝委員意見,挑選參數部 分,主要除參閱往昔研究論 文以外,亦有參考團隊往昔 分析海象資料的經驗。此 外,該輸入參數考量亦需以 海象預報所能產製預報參 數為主,因而收斂目前的輸 入參數資料。	同意合作單位之處理情形。

<ol> <li>第二章仍有「規劃」二字, 建議於修正報告中刪除。</li> </ol>	感謝委員意見,已修正相關 用詞。	同意合作單位之修正。		
五、陳麗華委員(書面意見)				
1.p1-21、p1-25 、p4-1,公 路總局請修正為公路局。	感謝委員意見,已修正相關 用詞。	同意合作單位之修正。		
<ol> <li>近幾次颱風如海葵、小犬 等颱風期間感謝運輸研 究所提供浪襲預警資訊 讓公路局轄屬工務段能 做為預判可能影響公路 時間,以先行佈署人員機 具,惟建議可再提升準確 度,以增進系統可靠度。</li> </ol>	感謝委員意見,浪襲預報技 術會在持續精進,且待影像 判釋資料更豐富後,應該可 進一步提升系統之可靠性。	同意合作單位之處理情形。		
六、羅偉佑委員 ( 書面意見	ر . ا			
<ul> <li>1.p1-11 有關後續年度計畫 執行之前置作業中提到 「113年度建議提起波興</li> <li>「113年度建議提越波遇</li> <li>「113年度建議提越波遇</li> <li>「113年度建議提越波遇</li> <li>「113年度建議提述</li> <li>「113年度建議提述</li> <li>「113年度建議提述</li> <li>「113年度建議提述</li> <li>「113年度建議提述</li> <li>「113年度建議</li> <li>「113年度建</li> <li>「113年度建</li> <li>「113年度建</li> <li>「113年度</li> <li>「</li></ul>	感謝委員意見,此計畫於第 三年度已有規劃於花蓮港 建置越波預報系統,屆時亦 會分析海象與越波之關連 性。 感謝委員建議,遵照辦理。	同意合作單位之處理情形。 同意合作單位之說明。		
確性及分析結果準確性。				
七、本所運輸技術研究中心				
(一)蔡立宏主任	1	1		
<ol> <li>1.摘要內容請依本計畫目 的、內容、成果摘述,另 需敘述未來應用效益。</li> </ol>	感謝委員意見,已修正摘要 內容。	同意合作單位之修正。		
2.結論與建議及報告內容 請依本所出版品格式規 定編排。	感謝委員意見,已修正相關 格式。	同意合作單位之修正。		
<ol> <li>3.今年有 5 個颱風影響臺</li> <li>灣,溯升計、影像判釋、</li> </ol>	感謝委員意見,今年5個颱 風事件中,因攝影機掉落與 預報風場無資料導致無法	同意合作單位之說明及處理 情形。		

數值模擬之間關係如	取得海象預報資料兩因素,	
何?	使能同時滿足溯升計、影像	
	判釋、數值模擬均有結果之	
	事件僅有瑪娃與海葵颱風	
	事件(其中有卡努與杜蘇芮	
	颱風事件是因無海象預報	
	資料;小犬颱風事是因攝影	
	機掉落件而無影像資料),	
	因此本計畫僅針對兩颱風	
	事件進行觀測資料與模擬	
	資料綜合比對。整體來說,	
	影像分析與溯升預報相對	
	於感測器觀測資料而言仍	
	有一定的誤差存在,但大多	
	仍可在誤差區間內,應可做	
	為未來精進預報模型與影	
	像分析之參考	
4.影像判釋為水線,如何轉	威謝委員意見,於影像判釋	
為高程?	中影像描述部分,有進行坐	
	標轉換作業。透過現地控制	
	點量測資料,率定影像像素	
	座標與空間座標關係,以推	
	求座標轉換所需參數;再將	
	影像代入方程中進行影像	
	座標與高程計算;最後則可	
	獲得影像各像素對應之座	
	標與高程資料,再由水線分	
	布像素位置獲得相對應之	
	高程。	
(一)林雅雲科長		
	十岁十日年代 十四四次则	口主人儿吧小上扒吧刀去吧
1. 感测 益 貢 訊 走 谷 可 印 時	感谢安貝建藏, 感测 斋 頁科	问息合作单位之 <b>祝</b> 明及 <u></u> 处理
四傳, p4-4 示警燈號、損	至可以達到即時回傳,但鑑	<b>悄</b> 形。
警燈號與原很裝損警系	於網路傳輸限制,獲得回傳	
約燈號之登册主現於很 載石数久休 弗诺亚比诺	值时應為上一小时之觀測	
裴慎誓系統,建讓研析補	值。此外, 日則損報 	
<sup>1</sup> 允°	與影像警戒值足我向木統	
	一,後續曾丹思考如何登	
	併, 亚冉與業務 单位進行 討	
	論。	
2.影像可判釋時間及誤判	感謝委員意見,若以目前颱	同意合作單位之說明及處理
率,建議統計分析,俾利	風分析資料來看,目前影像	情形。
後續精進。	可判釋率約 60%,大部分無	
	法判釋的影像是因下雨使	

倍丽档糊所道致。去來 <b>艾</b> 更	
地站虚摄影识法, 俞在進行	
可划釋率评估,以利符合文	
音丽之影像 <u>纠</u> 釋结性。	
3.p3-5、p3-6 高斯濾波器及感謝委員意見,高斯濾波器同意合作單位之說明,	及處理
非等向性擴散濾波器處與非等向性擴散濾波器方情形。	
理前後看不出差別,建議法是團隊參考相關文獻所	
指出差別處。 提出之建議處理過程,惟依	
據本年度事件分析結果來	
看,高斯濾波器確實無顯著	
差異;而非等向性擴散濾波	
器則有明顯看到海水擴散	
處理,且其確實會影響後續	
進行 K-mean 分類判斷。目	
前仍建議保留相關處理流	
程,待影像分析成果更豐富	
後,再進一步確認篩選流程	
是否去除高斯濾波器。	
4 n2-3 北側咸測哭捐壞時咸謝委員音員,北側咸測哭同音会作單位之說明	及處理
之波高或波浪溯升情形,捐壤之時間點為 9/26 凌晨 情形。	入处土
建議補充。 3時之後,此時因攝影機已	
拉兹,因此沿右相關影像咨	
料。而同時段 TaiCOMS20	
海象研報社里為千州池 三	
一	
1.029 公尺、波浪型的 0.099	
松、波浪刀间 54.0 度、潮位	
0.300公尺,共對應今千及	
建直之洲升限型推昇之洲	
开高為 4.45 公尺,而該感	
测益高度為 4.24 公尺。若	
以預報數據而言,溯升預報	
高度高於該感測器高度,確	
實有因長浪衝擊導致感測	
器損毀之可能性存在。	
5.車輛經過之影像處理方感謝委員意見,團隊目前針同意合作單位之說明,	及處理
式,建議補充。 對車輛經過之影像處理方情形。	
式雖已有初步成果(補充至	
3.1.5 節), 惟該方法用於自	
動化上會有一定難度,目前	
已思考幾個方案進行測試,	
待成果較穩定後,會在未來	
報告中詳細說明。	

6.p5-18 感測器誤差線是否	感謝委員意見,誤差線確實	同意合作單位之說明及修正。
至下一個感測器位置,北	為下一個感測器之位置。然	
側斷面最高感測器 6.92	而,目前安裝最高感測器位	
公尺,其往上誤差如何估	置與公路護岸高度仍有一	
計?海葵颱風期間感測	段高程差,因此各斷面最高	
器溯升高度有時較影像	感測器往上誤差線乃為其	
分析為高,是否有影像可	與護岸之高程差。溯升感測	
供瞭解原因?簡報有更	器高度有時較影像判釋高	
新颱風事件分析比較圖,	的原因,目前初步判斷可能	
建議更新於報告。	是因為感測器感測機制與	
	影像分析不同所致。换言	
	之,感測器會有需要設定感	
	測門檻值範圍,當水團接觸	
	它時其訊號有高過該門檻	
	值即代表有溯升資料被紀	
	錄,惟此水團亦可能是由較	
	大飛濺浪花所產生。而影像	
	因解析度限制,仍有可能無	
	法拍攝到上述的浪花資料,	
	此亦導致無法分析到當下	
	更高的水線。然而,就目前	
	雨事件分析結果來而言,相	
	對於感測器觀測資料,影像	
	判釋結果仍較為保守之趨	
	勢。比較圖部分已於修正報	
	告更新。	
7.報告錯字請更正。	感謝委員意見,已修正相關	同意合作單位之處理情形。
	字詞。	
(三)陳鈞彥副研究員		
1.本所浪襲預警系統以7個	感謝委員意見,目前機器學	同意合作單位之處理情形。
斷面計算模擬,本計畫之	習模型開發亦是採用多斷	
機器學習模型開發完成	面形式進行,因此亦可配合	
後,預計應用方式為何?	既有浪襲預警系統採用多	
	斷面預報或是以多斷面最	
	大溯升高預報來進行。	
2.p4-3 影像虛擬線之紅、	感謝委員意見,目前劃分方	同意合作單位之處理情形。
橘、黄線之等分劃設原則	式,除紅線是依據公路護岸	
為何?	位置外,剩下警戒線是以等	
	分方式劃設。此與目前預報	
	警戒值定義尚未統一,後續	
	會再思考如何整併,並再與	
	業務單位進行討論。	

3.影像判釋程式與波浪溯	遵照辦理。	同意合作單位之處理情形。
升程式,請於驗收前交付		
本所(含原始碼、資案測		
試報告等)。		
# 附錄三

# 期末報告簡報

期中審查意見回覆	Sand and and the
4141	A s - B A A - MARLA
会只怎见 陳冠字委員	温光凹復兴美球顶形衣
<ul> <li>影偉觀測儀器與溯升感測器之位量與角度,可能會受風、液、地震之影響而 並斜政變,若真發生,影像圓之發疊邊界即不重合,(3-7)、(3-8)之共錄方 程式亦不再適用,如何避免?</li> </ul>	感證委員意見。確如委員所返,影律觀測儀器易因外力影響而但移,並影響原率定共線方程 參数之可靠性。然而,現地影像觀測遭遇自然環境影響衝擊乃為無法避免之情況,研究團隊 僅能以「更優樂選」方式進行登備。當儀器受影響時,再以重新率定共線方程參数方式,盡 可能依復儀器將續監測之能力。
• 共粮方程式之客许强盖為何?	於目前影像描述方面,充平影像高程平均误差為4.3 cm; 熱成像高程平均误差為4.9 cm。
• 溯升計與影像觀測結果是否一致?	相關資料已蒐集棄整,並於本報告3.2.2節進行相關比對,探討其一致性。
<ul> <li>高斯濾波器處理後之影像是否與原影像一致?有細郡間的比對盐嗎?</li> </ul>	感謝來員急見,國際主要是麥的消人文獻來引入高斯濾波器進行處理,依據國際分析結果顯示,該濾波器的約入對於目前影像本線分析結果影響甚小,但目前系統仍保留此功能,將未 來有蒐集更多不同類型影像時,民檢檢集將位差異性,相關內容整理於本報告3.1.1節。
<ul> <li>在資料不足時利用數值模擬的結果進行訓練十分合理。惟數值結果處子以驗證。國5-0是以平均值(或II)22/作為驗證。但要進行機器學習的是個別違法的行為(如例升)。兩者可能不能互相驗證。</li> </ul>	威特委員意見。圖5-6元以II12資料進行驗證。惟此僅為房裏進算模擬資料驗證。期末報告已 補充機器學習模型預報資料、截測器觀測資料與影像分析結果之驗證(本報告5.2.3)。
🏫 🗎 🏦 ı 大 拳 Notional Chong Kung University	2
期中審查意見回覆	
委員意見	意見回覆與處理情形表
黃偉拍委員 ● 本計畫影像分析方法與結果已具實用性及可行性。予以首定。	威谢泰員肯定。
<ul> <li>目前於颱風深後,也就是無光、大雨情邊暫無軟佳結果,請同關係未來如 何緒進?</li> </ul>	感谢委員意見。喀如委員所送,現地於律觀測受自然環境影影攀顯著,研究園際是以建立影 權利釋成果合理性之判斷技術作為主要構造方向,透過比方法之建立,已於未來自動化判釋 中濾除無效判釋之結果,以提升判釋系統之可當性。
<ul> <li>第3-3頁,目前錄差量以「pixel」表示,建議未來長期應以m表示,以符合 實際需求及風險分析應用考量。</li> </ul>	感谢娄其建镇。目前预告内之祸甚望,同步呈现pixel與m兩種單位,分別代表計算與量測之 律素應權的距離确差以及商程調差。詳見3.1.4節,
<ul> <li>第5-10頁猜問測量精度為何?若5m x5m範圍內無2個測點以上,模範網絡大小空調整。</li> </ul>	陸減測量積度約1m-2m,目前網絡解度、合進度應充足。
<ul> <li>     認知風場提式在前驅湧滚的模擬表現為何?可否將模擬結果與查束大洋浮 標監測數操作比對?     </li> </ul>	<b>威谢委員建議,前驅湧淡喧寶為海象模艇之推題,未來或許能夠納八研究考量。</b>
🏠 🗟 全 歳 功 夫 學 National Chang Kung University	3
期中審查意見回覆	A. S. A. S. C.
委員意見	意见回覆舆處理情形表
<b>温志中委員</b> • 期中報告成果內容豐富。	感谢委員肯定·
<ul> <li>智慧化影像分析挑选之影像建議可依違流週期予以分割流況呈現。</li> </ul>	感谢委員建議,團隊會於分析成果中標註相關液況對訊。
<ul> <li>1.9節背景現況說明,請更新海氣象資料年份。</li> </ul>	感謝委員建議,已更新1.9節環境背景質料至最新統計資料年度。
- 就說明影像分析中「大滾」的定義?	嚴謹委員建鎮,浠東情境之大滚、中滚、小浪係依據交通部中央義東署定義,滾波商介於 ()6公尺至1.5公尺,中滾波高介於1.5公尺至2.5公尺,大渡則為波高大於2.5公尺,相關內容 呈現於3.3節。
• 雄适遇粗智能化判睅雄迹现象中之波液或風的效應?	目前判釋方面並無約八波法或風效應考量,單純以影像分析為主要判釋依據。
of a 成功太子 National Chang Kung University	4

<b>出</b> 中 案 杏 音 目 回 <b> </b>	
4741	立. a
安只志儿 林二四县第(南十五日)	思见四复共展理的形衣
	من م
<ul> <li>本訂畫自己屬金研充曲域之氣象、涔水資料,同时也處染 2013至 2010之港岸連絡這海液預裝之火等争件,</li> <li>以了解研究區道環邊總特估得音官,近5年聽然動少颱風浩病之海岸等客案俐,建議可回顧至更早以前的道</li> </ul>	战增安贞廷威, U购八因家史书的数件找十心之,海岸本 落環邊調查血验單風險評估研究-花蓬基俐, 相關內容於
路,並可蒐集非研究區域之災例作為借鏡。建議可參問國家災害防放料技中心之「海岸聚落環境調查與致災	1.9.4節,並新增今(112)年度5月份瑪娃颱風災損事件。
風險評估研究·花蓮為例」計畫報告書。	
<ul> <li>教告中公式的編號未按照順序,第一草與第二草的公式則未編號,請件登積使其一致。</li> <li>每一先从四約點增加,法各批給給长收工。</li> </ul>	啟谢安員指導,已查莉修止編號。 式仙寺总於道,日本於位工始時,
• 永一年的回溯沉沉沉,所至而催代立陟上。 	数相受到相等,已至相涉正确现。 或指表重波播,已於312篇語音K-meansat關想到的算針
T monorphill for the formation of the fo	其公式·
<ul> <li>演算過程中分為第一次與第二次影像分析,如第一次影像分析結果不盡理想,再以第二次影像分析子區別運</li> </ul>	感謝委員意見,團隊會以強化判斷通用性為優先,測試判
算,但這樣的流程需要人為判斷,未來若此系統期望能自動化判釋海岸溯升,應加何改善此演算邏輯?	釋法多種情境之適用性,並置入判釋成果判斷合適性之功
	能,以期提高自動化判釋溯升之能力。
• 田園3-2與園3-3分為陰衛且小沒、下南且大混,影像早都可有出海不因為碎泼的關係使得亮度較高,因此容易擴張分群方法區出邊未與濱涼境,但是苦時朝而風平浪轉的情況下,造水與濱涼境交界處可能較不易到驛	啟謝委員建職,图隊已測試不同情境條件,以瞭解目別列 釋方法之合適性(本報告3.3節)。
建議由所蒐集影像中找出各種波浪條件下的影像進行測試,嘗找出在某種波浪條件不適用此影像分析方式案	All of the second production of the second by
例,對於此方法適用的環境條件將有更進一步了解。	
<ul> <li>水上, CCTV畫面將記錄下各種氣象與港象條件的影像,建議氣象上可分為時間、陰天、雨滴遮蔽畫面,港 象上可公益無違、小違、士違求全認其缺法違分超標準, 医合不同素象曲進象体化下, 此方法力 油用終於。</li> </ul>	威謝委員建議,情境說明已依據晴天、陰天和雨天三種氣 身体仕,其即士法、中法和小虎二種准身体仕治行證明,
The range can be ready in the ready of the r	鲜見3.3節。
National Chong Kung University	
期中審查意見回覆	
加丁田三心儿口夜	
委員意見	意見回羅與處理情形表
蘇元風委員(書面意見) (()	
• 圖3-7與圖3-8建議可以原圖並列擺放,並可加入Ilistogram並列擺放。	感謝委員建議,已分別呈現高斯濾波器使用前後之影像判
- 动物子卡说现21回路利用,数工人来接升专家工程下的口名+DAI2人,专路这些路球可任某些路上程格并	释结果,詳見圖3-7、圖3-8與圖3-9。
" 所見下別近年,11回在前向, 1017年, 11日 年 11日 四日 11日 11日 11日 11日 11日 11日 11日 11日	教術安美之職,本面添介有公成直款の領之所放逸上至內 控制點。但因現場能夠立足佈點之處有限,僅能就目前有
	量測之控制點來納入虛標轉換之中。
<ul> <li>由於清波境的排列為高低起伏,並不如海灘平坦,因此 CCTV畫面所判釋之清波境與海水交界線並不會在问</li> </ul>	成謝委員建議,團隊目前已參考此建議於本計畫建立影像
一個局線上。 要取得絕對的海岸線局聚換為困難,依運辦所研究目的,運動可將海水交界線坐岸道路區間 創語二葉線攀右(如下圖中納苦、爆、紅角區法),麵似河川水伯幣或方式,常影像分析之法傳源升至書面中	判職越遊營戒功能。
the design of the state of the	
的特定位置峙,判斷對於海岸道路郵機至緊急的危害程度,供業務單位操作時較為便利與直覺化。	
<ul> <li>         的特定位置時,到斷對於海岸道絡物機互緊急的危害程度,供業務單但操作時数為便利與直覺化。         非監督式方法雖然可以供追找到海水與消波塊之受厚線,但是目前2階段的分析尚有可精通之處,例知:第2         </li> </ul>	感谢委员建镇,监督式举智方法碳實可以作為未杂發展方
的特定位置時,到斷對於海岸道絡物機至緊急的危害程度,供業務單位操作時数為便利與直覺化。	成謝委員建議,監督式學習方法確實可以作為未來發展方向,現階段本計畫是先以於CCIV建立影像到議技術為目述, 計畫是先以於CCIV建立影像到議技術為目述, 計錄並需解譯用於兩意名的通用影響意名並且可
的特定位置時,到斷對於海岸道絡物機至緊急的危害程度,供業務單位操作時数為僅利與直覺化。 非監督式方法雖然可以快過找到洛水與消波塊之定屏線,但是目前2階段的分析尚有可構造之處,例如:第2 階段影像分析啟動的判斷、第2階段分解數量與2值化影像的產業(額別的整併)第2階投份區之間結果的整 合是否有岸線不連續問題等,建讓未來可考慮监督式分類方法,雖然監督式分類方法需要大量明確資料,但 更直接用湯本與消波塊之分類結果,在未來若要這自動化的演算上勝幾急使利。未來亦可考慮使用深度學	感謝委員建議,監督式學智方法確實可以作為未來發展方 內。現際提本計畫是先以於CCIV達立影像判議扶編為目 標,並將其實料運用於預藝素統檢視與影像藝成為挑進立 之中。將對影像利識技敏、影像結性與樂成同子影響等電
的特定位置時,到斷對於海岸道絡物機至緊急的危害程度,供業務單位操作時数為便利與直覺化。 非監督式方法雖然可以快過找到湯水與消波機之又保錄,但是目前2階段的分析尚有可構造之處,例如:第2 階段影像分析故動的判斷、第2階段分解数量與2值化影像的產業(額別的整併)第2階投份區之間結果的整 合是否有岸線不連續問題等,建議未集可考慮監督式分類方法,雖然監督式分類方法需要大量訓練資料,但 更直接得渴漆來與消波機之分類結果,在未來若要達自動化的演算上將較為便利。未來亦可考慮使用漂度學 習鋼路(例如: CNN、U-NET等)進行分類。	感謝要員建鎮,監管式學智方法確實可以作為未來發展方 約,現階段本計畫是先以於CCTV建立影像刺儀技術為目 標,並將其資料運用於預幣系統檢究與影像系成物建立 之中。將對影像刺微技術、影像新性與保護一部影響等瞭 聯程度較深入,並將書情毀條件影像蒐集乾完備後,可得
的特定位置時,判斷對於海岸道路物機至緊急的危害程度,供業務單位操作時数為僅利與直覺化。     非監督式方法聽越可以快過找到局水與消波機之及界線,但是目前沿陸段的分析尚有可構造之處,例知:第2     陪役影像分析戲動的判斷、第2階役分解較要與2值化影像的產業(額別的整併)、第2階位分配之間結果的整     合是否有岸線不達續問題等,建議未來可考慮监督式分類方法,雖然监督式分類方法需要大量訓練資料,但     更直接鬥場本與消波機之分類結果。在未來若要達自動化的消算上勝較為僅利。未來亦可考慮使用渾度學     簡媚路(例如: CNN、U-NET等)進行分類。     如此如果在中地地を開影像心地地地位地。	威謝要員建議,監管式學習方法確實可以作為未來發展方 內,現階段本計畫是先以於CCTV建立影像判議技術為目 標,並將其資料運用於預幣系統總統與影像常成,施建立 之中。將對影像刺蹤技術、影像時性與環境因子影響等瞭 ൺ但裏勉深人,直都卷清燈綠件都像星麗加花街偷,可再 達一步提升影像刺蹤技術處力。 文術為思考, 这次的本地考虑的明。
<ul> <li>         的转定位置時,到斷對於海岸道絡相微至緊急的危害程度,供業務單位操作時数為便利與直覺化。         非監督式方法離然可以快速找到海水與消波機之交界線,但是目前沿障视的分析的有可構造之處,例知:第2 傍夜影像分析放動的判斷、票沿後分部数量與2值化影像的產製(額別的整併)、第2階位分配之間結果的整 合是否有岸線不達續問題等,建議未來可考慮監督式分類方法,離然監督式分類方法需要大量訓練資料,但 更直接得到海水與消波塊之分類結果,在未來若要達自動化的演算上勝較為僅利。未來亦可考慮使用漂度學 腎鋼路(例如: CNN、U-NET等)進行分類。         </li> <li>         期中報告書對於夜間影像分析的成果描述較少,建議補充夜間影像的分類特性分析。     </li> </ul>	威謝要員建議,監管式率智方法確實可以作為未來發展方 內,現階段本計畫是先以於CCTV建立影像判議技術為目 標,並將其資料運附於預幣系統總統與影像常成,施建立 之中。將對影像刺蹤技術、影像時值與環境因子影響等瞭 ൺ但复說深人,並將告情境操件影像复集就完備進,可再 連一步提升影像刺蹤技術點方。 威謝委員意見,將於期末報告補充說明。
<ul> <li>         的特定位置時,到斷對於海岸道絡相微至緊急的危害程度,供業務單位操作時数為便利與直覺化。         非監督式方法離然可以快速找到海水與消波塊之足保線,但是目前沿障視的分析的有可構造之處,例知:第2         陪夜影像分析放動的判斷、第2階投分配力增度置管式分類方法,離然監督式分類方法需要大量到練資料,但         受直接利润海水與消波塊之分類結果。在未來若要達自動化的演算上勝較為僅利。未來亦可考慮使用漂度學         胃網路(例知:CNN、U-NET等)進行分類。         </li> <li>         期中報告書對於夜間影像分析的成果描述較少,建議補充夜間影像的分群特性分析。     </li> </ul>	威謝委員建議,監智式季智方法確實可以作為未來發展方 內,現階段本計畫是先以於CCTV建立影像判議技術為目 標,並將其資料運動於國幣系統總加與影像警戒為施建立 之中。許對影像刺識技術、影像新性與環境因子影響等瞭 辦程度較深人,並將各前境保計影像集就完備值,可再 達一步提升影像刺激技術點力。     威謝委員意見,將於期末報告補充說明。
<ul> <li>         的特定位置時,判斷對於海岸道機物機至緊急的危害程度,供業務單位橫作時較為受利與直覺化。         非監督式方法搬造可以快进找到來失與滴溴液之及麻燥,但是目前?階段倒分析尚有可精進之處,例知:第2         能及影像分析故動的判斷、第2階段分解数量與2值化影像的炭製(額別的整併),第2階段分區之間結果的整         公長否有岸線不進瞬间現等,連環本集工可需監督式分級方法,雖就监督式分級方法需要大量訓練資料,但         更直接評判海水與湖道塊之分類結果,在未來若要達自動化的演算上牌較為便利。未來亦可考慮使用漢度帶         智淵路(例知: CNN、U-NET等)進行分類。         第一個        和中報告書對於夜間影像分析的成果描述数少,建議補充夜間影像的分野特性分析。         新中報告書對於夜間影像分析的成果描述数少,建議補充夜間影像的分野特性分析。         </li> <li>         加        施</li></ul>	威謝委員建議,監智式季智方法確實可以作為未來發展方 向,現階段本計畫是先以於CCTV建立影像判議技術為目 標,並將其質料運用於預幣系統總加與影像事成為總建立 之中。許對影像判議技術、影像新性與環境因子影響等瞭 辦程度較減入,並將考前境保計影像复數充備值,可再 達一步提升影像判議技術點介。 威謝委員意見,將於期末報告補充說明。
<ul> <li>         的特定位置時、判斷對於海岸道路相機至緊急的處害很度。供業器單位機作時款為受利與直覺化。         <ul> <li></li></ul></li></ul>	威謝委員建議,監智式季智方法確實可以作為未來發展方 向,現階段本計畫是先以於CCTV建立影像判議技術為目 標,並將其實料運用於指帶系統總加與影像事成為總建立 之中。許對影像判議技術、影像新性與環境因子影響等瞭 辦程室校課人,並將考前境條件影像荒繁軟完備值,可再 達一步提升影像判議技術載力。 威謝委員意見,將於期末報告補充說明。
<ul> <li>         ・         ・         ・</li></ul>	威謝委員建議,監智式季智方法確實可以作為未來發展方向,現階段本計畫是先以於CCTV建立影像判議技術為目標,並將其資料運用於預要系統總理的支心,許得對像判議技術、影像特性與環境因子影響等瞭 解但复致深人,並將考试條件影像荒繁軟完備值,可再 <u>這一步提升影像判議技術</u> 載,並俗相充說明。
	威謝委員建議,監智式季智方法確實可以作為未來發展方向,現階段本計畫是先以於CCTV建立影像判議技術為困 標,並將其實料運用於預聲系統逾訊與影像警戒為航建立 之中,将對影像判議技術、影像特性與環境因子影響等瞭 解但复致深人,並將考古從使科学儀驚驚蛇完備後,可再 <del>也一步提升影像刺激技的</del> 威謝委員意見, <i>解於期末</i> 難告補充說明。
	威謝委員建議,監智式學習方法確實可以作為未來發展方向,現階段本計畫是先以於CCTV建立影像判議技術為目標,並將其資料運用於預聲系統逾加與影像警戒為航建立之中,将對影像判議技術、影像特性與環境因子影響等瞭解但更說深人,並將考於定條件影像寬大能優人,並將考定條件影像意識充備值,可稱 這一步提升影像判議技術、都像特性與環境因不能響等。 新祖愛親家人,並將考古從條件影像驚難充備值,可稱 這一步提升影像判議技術集力。
的特定在里時、判斷對於海岸進務相機呈緊急的處害視覺、供業務早在操作時款為受利奧直覺化。             ・	威謝委員建議,監智式季智方法確實可以作為未來發展方向,現階段本計畫是先以於CCTV建立影像判議技術為目標,並將其實料運用於預聲系統檢視與影像警戒為紙建立 之中。特對影像判議技術、影像特性與環境因子影響等瞭 解但度短深人,並將各省使保什影像复繁稅完備值,可再 達一步提升影像判試技術集力。      威謝委員意見,房於期末報告補充說明。
$\frac{decater}{decater}$	威謝委員建鎮,監管式學習方法確實可以作為未來優点 向,現階段本計畫是先以於CCIV違立影像判該提稱為目 旗,並將其實制運用於預學素紙給現與影像事成為總建立 之中,許對影像利該提款,影像相性與保護人同子影響等的 相度收深人,並將告情免錄件影像蒐集也完備進,可將 達一步提升影像利號提故處力。 國納委員惠見,婦於期末難告補充範明。      董麗田夏與魔理情形表
	威謝委員建鎮,監管式學智方法噶實可以作為未來優長內 向,現際役本計畫是先以於CCIV違立影像判該損損為用 禁,並將其實料運用於預量為缺德現與影像擊成為總建立 之中。將對影像利該提款、影像計但與保護一子影響等整 解程度較深入,並將告情免錄件影像蒐集乾完清進,可將 進一步提升影像利該提該應為。 國納委員意見,將於期末報告補充範明。 基把國程與處理情形条
$\frac{detacater}{deta}$	威謝委員建議,監管式學習方法嘆賞可以作為未采模尽力 向,現際段本計畫是先以於CCIV達立影像判議批稱為困 課,並將其資料運用於預學表檢總與影像警戒為總建立 之中。許對您與改論、影像計但與保護一子醫業證 辦程度校深入,並將告请投操件影像蒐集校定清違,可將 <u>這一步提升影像利識提設協力。</u> 嚴謝委員意見,辦於刻末報告補充說明。 <u>意是回程與處理情形条</u>
	威謝委員定職, 監智式学智方法噶實可以作為未采發展方 向,現際段本計畫是先以於CCTV建立影像判測其构為国 標,並將其實粹現的方類考,就檢從與發展會成為挑進立 工中。將對整備拍裝使力預量等,就檢加只影響等成 解包度較深入,並將者情況保件影像驚驚枕完前後,可再 達一步提升影像利識技欲處方。 感謝委員意見, 辦於期末報告補充說明。
	威謝委員建鎮,監智式學智方法噴實可以作為未采發展方 向,現階段本計畫是先以於CCTV建立影像判領技術為困 標,並將共資料現的於預費系統證訊與影像警戒為挑建立 之中。許對影像別號技術、設備社與保護,與同子影響等時 靜但度收深人,並將書情覺條件影像驚點的正常。 或謝委員意見,將於期末報告欄充說明。 意思回履與處理情形表 威謝委員育定。 期路傳輸會影響以後輩成系統實料傳通,谁永來可達過優 傳過數讓的方式解決。
	威謝委員建鎮,監智式學智方法噴實可以作為未來發展方 向,現階段本計畫是先以於CCTV建立影像判領技術為困 標,並將其實料理的於預費系統檢訊與影像警戒,納建立 之中。許對影像功識技術、設備執性與保護同子影響等時 靜但度收深人,並將書情定條件影像驚難的工術後,可再 達一步提升影像列號技術處力。 感謝委員意見,將於期末報告欄充說明。           處期委員意見,將於期末報告欄充說明。           意見回履與處理情形表           感謝委員實定。           網路傳輸會影響以後輩成系統實料傳通,谁永來可達過優 傳過數讓的方式解決。           感謝委員意見,已僅正驗證。           必須有意見,可應正驗。
的特定位置時、列斯對於海道道路相接至緊急的危害程度、供靠器單位操作時熟為使利度直覺化。     1.      1.	威謝委員定議,監智式學智方法確實可以作為未來很友 向,現階段本計畫是先以於CCTV建立影像判職技術為因 標,並將共資料理例於預導系統施化與影像智太為低速立 之中。許對影像刺激技術、影像新性與環境因子影響等碼 辦程度較深人,並將音情完條件影像荒繁軟定備值,可用 達一步提升影像列微技術、影像新性與環境因子影響等碼 構在度如深人,並將音情完條件影像荒繁軟定備值,可用 達一步提升影像列微技術、影像新性與環境之子 威謝委員意見,原於別本機合補充說明。           國務委員意見,原於別本機合補充說明。           魔力型夏突處理情形表           威謝委員克定。           國路傳輸會影響以優響成系統資料傳通,像未來可透過優 傳递數讓的方式解決。           威謝委員克見,已修正編號。           威謝委員克見,已修正編號。           威謝委員克見,此目影的文明詞。           威謝委員克見,此目影的文明詞。
	<ul> <li>感謝委員定議,監管式學習方法嘆賞可以作為未采復長方 向,現階段本計畫是先以於CCTV建立影像判議技術為困 標,並將共資料現的於預導系統施理实 之中。許對影像判議技術、影像新性與環境因子影響等時 解但度說不,」並將考覽使條件務度集觀欠當值,可再 達一步提升影像判護技術處力。</li> <li>威謝委員意見,原於期末報告補充說明。</li> </ul> 金麗回程與處理情形表     成謝委員意足。     國際傳輸會影響以後專成系統資料傳通,操未來可達過信 優遇鼓盪的方式解決。     或謝委員意見,已修正編還。     或謝委員意見,已修近編處。     或謝委員意見,已修近編處。     或謝委員意見,已修近編處。     或謝委員意見,已修近編處。     或謝委員意見,已修近編處。     或謝委員意見,已修於如問。     或謝委員意見,已修於公用詞。     或謝委員意見,已修於公用詞。     或謝委員意見,已修改正調之。     或謝委員意見,已修改編處。     或謝委員意見,已修改正編之。     或謝委員意見,已修修改目前。     或謝委員意見,已修改集成。     如何的意味。     或謝委員意見,已修改正編之。     或謝委員意見,已修改正編之。     或謝委員意見,已修改正編之。     或期後代表的來聞,     或前方式解決。     或謝委員意見,已修成者的不可將表示意思想。     或者的方式解決     或前方式解決     或前方式解決     或前方式解決     或前方式解決     或前方式解決     或前方式的意味。     或謝委員意見,已接於的方式相對     或前方式解決     或前方式的表示     或前方式      或前方式     或前方式     动前方式     动前方式     动前方式     动前方式     动前方式     动前式      动前式     动前式      动前式     动前式     动前式      动前式      动前式       动前式      动前式       动前式      动前式      动前式      动前式      动前式      动前式      动前式      动前式      动前式      动前式      动前式      动前式      动前式       动前式      动前式       动前式      动前式       动前式         动前式         动前式          动前式         动前式
的特定位置時、列斯對於海岸道路相接至緊急的處害服產、供需器單位操作時数為使利與直覺化。     1. 許監督大方法難然可以決進药均端不夠消波線之及界做,但是目前治療效的分析為可將進之處,例わ:第2: 際及分子法裁的判断,第2: 際及分類支援大2: (在於部份素, 19 (加加) 法第一次 (在) 第二時 (20 (元)	<ul> <li>威謝委員建議,監智式學習方法確實可以作為未來很尽力 向,現階段本計畫是先以於CCTV建立影像判職技術為困 標,並將其質料週份預費系統總元與影像著成品處立 之中,特別影像判職技術、影像特性與環境因子影響等的 解但度說不,」並將考覽使條件影像置義軟定備值,可用 達一步提升影像判職技術處力。</li> <li>威谢委員意見,所於斯末集告相充說明。</li> <li>威谢委員意見,所於斯末集告相充說明。</li> <li>威谢委員克,蘇於斯末集合相充說明。</li> <li>威谢委員克,該於斯末集合相充說明。</li> <li>威谢委員克,已修正編號。</li> <li>威谢委員克見,已修正編號。</li> <li>威谢委員克見,已修正編號。</li> <li>威谢委員克見,已修正編號。</li> <li>威谢委員克見,已修正編號。</li> <li>威谢委員克見,已修正編號。</li> <li>威谢委員克見,已修正編號。</li> <li>威谢委員克見,已修正編號。</li> <li>威谢委員克見,已修正編號。</li> <li>威谢委員克見,已修正編號。</li> <li>威谢委員克見,已修於又問到。</li> <li>威谢委員克見, 或其等件教少嗓質會影響戴擦寶邦蒐集。</li> <li>在現階段仍可遵過不同傳過雲料未進行到攤後約正調試。</li> </ul>
•••••••••••••••••••••••••••••	<ul> <li>威謝委員建議,監智式學習方法嘆賞可以作為未來復展方 向,現階段本計畫是先以於CCTV建立影像判職技術為困 標,並將其質料現的預費系統總批與影像著成為施建立 之中。特別影像判職技術、影像特性與環境因子影響等瞭 解但度說次,」並將考试使体件發度置執於完備。可用 達一步提升影像判職技術處力。</li> <li>威谢委員意見,原於期末報告補充說明。</li> </ul> 医生的是有效之子。 國路傳動會影響以後帶成系統資料傳通,准未來可達過優 傳過數據的方式解決。 医謝委員意見,已修正顧覽。 医謝委員意見,已修正顧覽。 医謝委員意見,已修正顧覽。 医谢委員意見,已修正顧覽。 医谢委員意見,已修亦及用詞。 威谢委員意見,已修亦成用,這人行對釋於衛東濮賢林星集。 但現院段仍可遵過不同情境資料米進行對釋於衛東濮賢林星集。 (1)或辦委員意見,已被充職與平度。
<ul> <li>         的特定位置時、判斷對於海岸道路物機呈緊急的處害很處、供業務單位操作時款為受利奧直覺化。     </li> <li>         中監督式方法無式以供送找到旅失與消波地之足保疑、但是目前沿管政的分析尚有可構起之處、例如:第2 密設成分類的對點,第2增效分解数異和2位化影像的素製 (線別的整件)、第2階段分征之間結果的整 安古希岸峰不達模得趣等,建株未常可考虑型片分類方法,兼無整理式分類方法需美大量制度算料,但 定直接得到海水與消波地之分類結果,在未來若要達自動化的演算上總較為便利。本來亦可考慮使用渾度學 閉環(例如: CNN、U-NET等)進行分類。     </li> <li>         第中集合書對於夜間影像分析的成果細道数少,建築補充度問影像的分解科性分析。     </li> <li>         第中集合書對於夜間影像分析的成果細道数少,建築補充度的影響者、可助特定分析。     </li> <li>         第一集合書書書書</li></ul>	<ul> <li>威謝委員建鎮,監智式學習方法壞實可以作為未來積戻力 向,現階段本計畫是先以於CITV違立影像判議技術為與 煤,並將其實料運用於預學素缺檢現與影像智成為挑連。 之中,希許對像刺激技故感力。</li> <li>威特勒堡利波技故感力。</li> <li>威特委員意見,將於刻米類告補充稅明。</li> </ul> ELD程实度理情形未 <ul> <li>威特委員定之。</li> <li>威特委員定之。</li> <li>威特委員定之。</li> <li>威特委員定之。</li> <li>威特委員定之。</li> <li>威特委員定之。</li> <li>威特委員定之。</li> <li>威特委員定是,此這等成素純資料保遇,准未來可這過信</li></ul>
的特定位置時、列斯對於海岸道路相接至緊急的處害服產、供需局單位操作時效為使利與直覺化。            ・	威謝委員建鎮,監智式學智方法壞實可以作為未來很成內 向,現限役本計畫是先以於CITV違立影像判議技術為與 課,並將其實料運用於預學素缺檢現與影像警戒為挑違。 之中。得對態度拘護效為、影像結性與保護人同子影響空的 解但度校深入,並將告情從條件影像驚然ሲ了將違一 這一步提升影像拘護技欲處力。 威謝委員意見,所於刻末擬告補充說明。           國斯學員意見,所於刻末擬告補充說明。           國斯學員意見,所於刻末擬告補充說明。           國斯學員意見,所於刻末擬告補充說明。           國斯學員意見,所於刻末擬告補充說明。           國斯學員意見,所於刻末擬告補充說明。           國斯學員意見,所於別末擬告補充說明。           國斯學員意見,自己感知文目的。           威謝委員意見,已已修改之間的。           威謝委員意見,已得於文里問。           (1)或謝委員意見,已述方戰與年度。           (2)或謝委員建填,本計畫會再針對描述時間影像進行檢測 以樂解具對計畫區之影像分析可行性。
的特定位置時、列斯對於海岸道站地域正聚急的危害程度、供靠器單位操作時效為使利與直覺化。           • 持監管大方法無熱可以快速找到法水共測法收之又作成,但是目前沿得我的考研。有了構造之處,例か:第22 際公務項令対抗動的判断,察定機公理装員先2位化務律的處置(領別的售份)等22階公司正常的整 令之方有於是不達得问题等,建築未完可考慮與任人公園方法,通知型任人物力法,業上將校為使利。未未亦可考慮使用深度學 胃網路(例如: CNN、U-NET等)進行分類。           • 期中報告書對於夜間影像分析的成果描述效少,建築相充度間影像的分期特性分析。           • 期中報告書對於夜間影像分析的成果描述效少,建築相充度間影像的分期特性分析。           • 期中報告書對於夜間影像分析的成果描述效少,建築相充度同影像的分期特性公分析。           • 期中報告書對於夜間影像分析的成果描述效少,建築相充度同影像的分期特性公分析。           • 期中報告書對於夜間影像分析的成果描述效少,建築相充度同影像的分期特性公分析。           • 期中報告書對於夜間影像分析的成果描述效少,建築相充成的公式           • 期中報告書對於夜間影像分析的成果描述效少,建築相充度同影像的分期特性公分析。           • 期中報告書對於夜間影像分析的成果描述效少,建築相充成的公式           • 期中報告書對於夜間影像分析的成果描述效少,建築構成之的一葉構成之間影像的分期特性公分析。           • 期中報告書對於夜間影像分析的成果描述效力,建築研究           • 期中報告書對於夜間影像分析的成果描述文明 (1)           • 開中報告書書書書書書, 10 物量次的公式           • 現在後面前的公式           • 期中報告書對於成成素描述或者, 20 時近でのから前と可           • 現在集合素的成成素描述, 20 時法代表書書, 20 時違文           • 現場地成成 - 2 (2)           • 日本市地人見及用的人生会。           • 現成的文品法對應.           • 二字是有文字 11 (差」, 12)           • 三方政之主計文字 11 (查」, 12)           • 一 2 中式 11 (差」, 12)           • 二 2 中式 11 (美力 市場 11 (2)           • 二 2 市場           • 「 成如 2 同 11 (2)           • 11 (2)           • 11 (2)           • 11 (2)           • 二 2 市大学者 11 (2)           •	威謝委員定鎮,監管式學習方法確實可以作為未來很成力 向,現際段本計畫是先以於CCTV建立影像判議提供為用 標,並將其實料運用於預警系統總元與影像警戒,施建立 之中。得對影像]減後法。就容任與來保」用予將等感 解視度校深入,並將書情定條件影像蒐集校完備造,可用 進一步提升影像測識技欲處力。 威谢委員意見,將於刻末擬告補充說明。 <b>在兒田程实度理情形衣</b> 國際傳輸會影響以後輩成系統實料傳通,惟永采可這過信 傳通鼓罐的方式解決。 國際傳輸會影響以後輩成系統實料傳通,惟永采可這過信 傳通鼓罐的方式解決。 國聯臺員意見,已啓於文里問。 威谢委員意見,已啓於文里問。 威谢委員意見,已啓於文里問。 威谢委員意見,已增充職風半度。 (1)威谢委員意見,已補充職風半度。 (2)威谢委員意見,已補充職與半度。 (2)威谢委員意見,已補充職與半度。
•	威謝委員定鎮,監管式學習方法噶實可以作為未采發展方 向,現際段本計畫是先以於CCTV建立影像判誤損稱為目 標,並將其實料運形於預學系統論玩與影像警戒,納建立 之中。許對整備執機故,影得相換與保護同子影響等的 解但度較深入,並將者情況保什影像蒐集較完備進,可再 進一步提升影像利識技欲處方。 或謝委員意見,將於期末擬告補充說明。 萬都委員意見,將於期末擬告補充說明。 萬都委員意見,所於期末擬告補充說明。 威斯委員意見,已發生與當人,並是是「「「」」」」 國路傳輸會影響以後聲成系統實料傳通,惟永采可遵過信 傳過數據的方式解決。 威斯委員意見,已發生與當。 威斯委員意見,已發生與當。 威斯委員意見,已發生與當。 威斯委員意見,已將於內之明的。 威斯委員意見,已將於內之明的。 威斯委員意見,已將於內之明的。 威斯委員意見,已將內之明的。 (1)威斯委員意見,已補充與風牛度。 (2)威斯委員意見,已補充與風牛度。 (2)威斯委員意見,已將於如此與先對 (2)威斯委員意見,已將於如此牛皮, (2)威斯委員意見,已將於如此牛皮, (3)威斯委員意見,已將於如此牛皮, (3)威斯委員意見,已將於如此一方」 (3)威斯委員意見,已將於如此一方」 (4)威斯委員意見,已將於如此一方」 (4)威斯委員意見,已將於如此一方」 (4)威斯委員意見,已將於如此一方」 (4)威斯委員意見,已將於一次與一方」 (4)威斯委員意見,已將於如此牛皮, (3)威斯委員意見,已將於如此牛皮, (4)威斯委員意見,已將於如此牛皮, (4)威斯委員意見,已將於如此牛皮, (5)威斯曼人的一方」 (5)威斯曼人的一方」 (5)威斯曼人的一方」 (4)威斯曼人的一方」 (4)威斯曼人的一方」 (4)威斯曼人的一方」 (5)威斯曼人的一方」 (5)威斯曼人的一方」 (5)威斯曼人的一方」 (4)威斯曼人的一方」 (5)威斯曼人的一方」 (5)威斯曼人的一方」 (5)威斯曼人的一方」 (5)威斯曼人的一方」 (5)威夷克思,一方」 (5)威斯曼人的一方」 (5)威斯曼人的一方」 (5)威斯曼人的一方」 (5)威斯曼人的一方」 (5)威斯曼人的一方」 (6)威廉曼人的一方」 (5)威斯曼人的一方」 (6)威斯曼人的一方」 </td
	<ul> <li>威謝委員定議,監智式學習方法確實可以作為未來很長力 向,現際段本計畫是先以於CCTV建立影像判議技術為困 課,並將其實料運用於指導意地於CCTV建立影像判論,就為提立 之中。許對影像功識技術、影像計與機械與人民影響等研 靜但度較深入,並將書情定條件影像系統定二者能等研 通一步提升影像功識技術進力。</li> <li>威谢委員意見,將於刻末職合補充說明。</li> </ul> 金克回夏與處理情形表       威谢委員意見,這你,就要對得遇,谁未來可遵過信 傳過款讓的方式解決。       威谢委員意見,已經充誠國。       威谢委員意見,已僅充進國。       威谢委員意見,已確充職風牛度。       (1)威谢委員意見,已積充職風牛度。       (2)威谢委員意見,已積充職風牛度。       (2)威谢委員意見,已積充職風牛度。       (2)威谢委員建議,本計畫會具針對該時間影像進行推測     以際解集對計畫區之影像分析可行性。       威谢委員建議,未載者要見對稱機成區端時,可再對對     方向性進行溯或詳者。
<ul> <li></li></ul>	<ul> <li>威謝委員定職,監管式學習方法嘆賞可以作為未采發展方 向,現階段本計畫是先以於CCTV建立影像利機技術為目 標,並將其資料現的於預勞系統總況與影像警戒,納建立 之中。許對影像內酸技術、修務性與保護自己非影響等時 靜但度收深人,並將書情覺條件影像驚難說已不影響等時 通一步提升影像列酸技術處力。</li> <li>威谢委員意見,將於期末職告補充範明。</li> </ul> <b>意见回程與處理情形</b> 國路傳輸會影響以後景成系統資料傳通,准永采可透過信 傳過聚讓的方式解決。 威谢委員意見,已發示,就資料傳通,准永采可透過信 傳過聚讓的方式解決。 威谢委員意見,已盛先就資料傳通,准永采可透過信 傳過要見意見,已感出或感。 (1)感謝委員意見,已請完職風卒度。 (1)感謝委員意見,已請完職風卒度。 (1)感謝委員意見,已請完職風卒度。 (1)感謝委員意見,已請完職風卒度。 (2)感謝委員建職,本未求意定換列驛越成區城時,可得升對 方向值進行測試評估。

<b>出</b> 中 案 杏 音 目 回 霑	
为1 街 旦 忌 兀 口 後	
委員意見	意見回覆與處理情形表
運輸技術研究中心 蔡立宏主任	
・ 太紫鹿用之掻影海棠が倍推進方式為何?	目前主要總護方式是由中心協助該計畫硬體方面之總選;而判釋系給部分則由團隊負責建立
	與維進。
<ul> <li>後續自動化流程建立後,系統未來提供應用其維運方式之建議?</li> </ul>	感謝要員意見,該系統建立後仍須持續分析該影像情境資料(尤其是颱風總波事件),藉以確
<ul> <li>去在影像部长在主体站印条订把正台都在刺爆动象 9</li> </ul>	認分析程式應對各天候情境之可行性,並精進該技術之分析方法。
* 有点形体所相及或六化卤系可使开自动化列种效平!	你能保释相違視开背牙則影像引择力,不不自到化系統之流被示影測減並保华化,並可立体 輪賞料原則,藉以提升系統整體運作效率。
運輸技術研究中心 林雅雯科長	
• 第1-1頁介接運研所預報系統,應為臺灣近岸海象預測系統	<b>感謝委員意見,已修改相關內文。</b>
(TaiCOMS2.0) •	
• 報告書圖標題符號使用1.1、表標題使用1-1及第1章圖號編排有誤,請依	威谢委員意見,已修改編號方式。
<ul> <li>本所出版品格式製作。</li> <li> <ul> <li> <ul></ul></li></ul></li></ul>	<b>成谢金百会日,已更新估计部边。</b>
· 第3-27頁,夜開影像判釋較難用目前字眼描述,建議修正。	威谢委員意見,已於期末報告中修正。 
• 第3-30及3-31頁:以小液及大浪等情形來進行影像分析驗證,建議有越	感謝委員建議,已於期末報告中補充說明越波影像驗證成果(本報告5.2.3節)。
波影像之水線判釋及驗證?	
<ul> <li>第5-13員有驗證,是否掌TaiCOMS2.0資料及近期有超波之颱風事件做測</li></ul>	威謝登員意見,基本上本計畫進行驗證與比對可分為兩部分,其一為溯升模型建立前樣本資     胡从的你,其有為進行,就是以對的方法,其一,則是將到十五份違,正(CO)(C 2))     二
试了第3-14頁前是但直之介澤澤家條件為何;是範備尤說明。 -	村的微遊,長也含溶來起并微遊與湖介微遊的湖,去一則定快望起止復等人(alcoms 2.0页 報資料设行近期滴升/秘波輪擦,此可虛現行這藝為能比對/太報告523節)。
🕵 🛯 立 成 功 大 挙	
💭 National Cheng Kung University	
的山峦木音日回震	
助丁宙旦忌九凶復	
杰昌音目	<b>贵目回覆邈虚理惜形</b> 寿
深秋山海西南方 山西南创王。	
建物技術研究中心 林准文科技(項)	
<ul> <li>本年度範風例如場近年之溯升彰傳列釋、波浪溯升版測高及損警系統之 點錄,建議試在。</li> </ul>	&謝娶貝意見,已期末報告中補充說明越渡驗證成录(本報告>2.5節)。
· 第3.1百彩值預處理、2.北影像創發水總所雲時間為何?影優景線呈現法度	目前影像處理治理至呈現火總資料的雲3秒時間。
為何?建議補充說明。	an 41 49 Above - a color
運輸技術研究中心 陳釣彥副研究員	
<ul> <li>建議分析結果驗證呈現,於期末報告階段以今年度(112年)颱風為示範案</li> </ul>	感謝委員建議,已於期末報告補充修改(本報告52.3節)。
例,如:瑪娃颱風等。	
<ul> <li>即時影像戴取速率於分析判釋並產出判釋結果發布所需時間之影響,請</li> </ul>	感謝委員意見,圓隊將測試評估,並已與中心討論未來應用方式。
<b>周</b> 立成功大學評估較適合之方案,以利應用。	
• • • • • • • • •	
A B & & & & &	
A 副 企 成 坊 夫 学 National Chong Kung University	
A B 企 成 坊 夫 學 National Chang Kang University	9
▲ <sup>成</sup> 我 我 <sup>我</sup> National Chang Kang University 簡報大綱	
a a a 对 & 要 National Chang Kung University 簡報大綱	
a a 成功处学 Notional Chong Kang University 簡報大綱	
▲ & ø & National Chang Kang University 簡報大綱	
▲ 處 珍 失 學 National Chang Kang University 簡報大綱 ◆計畫緣起與目的	
▲ & ☆ * * National Chang Kang University 簡報大綱 ◆計畫緣起與目的 ◆工作流程與架構	



























附錄四

# 歷次工作會議紀要

### 112年3月工作會議紀要

採購案件編號:MOTC-IOT-112-H3CB001d

會議名稱:「應用影像智慧化技術判釋海岸公路及防波堤越波研究(2/4)-夜間越波判

釋」合作研究案3月份工作會議

- 時間:112年3月21日(星期二)上午10時至11時20分
- 地點:本所港灣技術研究中心5樓第一會議室(視訊)
- 主持人:林雅雯科長
- 出席者:如簽到單
- 主辦單位:本所港灣技術研究中心第三科
- 執行廠商:國立成功大學
- 紀錄:陳鈞彦

#### 壹、討論議題

- 一、討論本年度各項工作項目執行內容及目前進度回報。
- 二、熱成像攝影機預計可於4月份完成裝設,將於攝影機裝設完畢後至人定勝天 路段及花蓮港辦理現地勘查作業,評估人定勝天路段波浪溯升計位置是否需 調整及進行相關控制點測量、評估後續年度花蓮港區攝影機裝設位置。

#### 貳、主要結論

- 一、以颱風事件之數值模擬追算建立第1階段機器學習模型,將模擬結果做為機器學習之樣本,篩選對臺灣東部影響較顯著之颱風事件以進行追算模擬,為 精進驗證本所花蓮海岸公路浪襲預警系統,請國立成功大學參考前述預警系 統並規劃模擬斷面。
- 二、現已完成溯升計與資料傳輸中繼站之功能檢測作業,目前均可順利運作,為 維持資料正常傳輸,已建置 FTP 檔案傳輸站,用以接收溯升觀測站回傳之 逐時觀測資料。
- 三、建議於報告之結論與建議章節,針對實際觀測到之浪襲路段,彙整提供包括 越波次數、位置…等資訊,供公路總局防災規劃參考。
- 四、自動化影像即時分析、機器學習溯升模型發展及夜間影像判釋…等,請儘速 辦理,俾利期中成果呈現。

- 1 -

附4-1

壹、會議名稱:「MOTC-IOT-112-H3CB001d應用影像智慧化技術判釋海岸 公路及防波堤越波研究(2/4)-夜間越波判釋」合作研究案 3 月 份工作會議

貳、時間:112年3月21日(星期二)上午10時

參、地點:本所港灣技術研究中心5樓第一會議室(視訊會議)

肆、主持人:林雅雯科長 大子/医爱

伍、出席單位及人員:

出席單位	職稱	姓名
合作研究單位: 國立成功大學	計畫主持人	吴昀達(視訊)
	協同主持人	吳漢倫(視訊)
	協同主持人	陳彦龍(視訊)
	研究助理	左秀文(視訊)
本所港灣技術研究中心	副研究員	陳到考

- 2 -

採購案件編號:MOTC-IOT-112-H3CB001d

- 會議名稱:「應用影像智慧化技術判釋海岸公路及防波堤越波研究
  - (2/4)-夜間越波判釋」合作研究案4月份工作會議
- 時間:112年4月25日(星期二)上午10時至11時20分
- 地點:本所港灣技術研究中心5樓第一會議室(視訊)
- 主持人:林雅雯科長
- 出席者:如簽到單
- 主辦單位:本所港灣技術研究中心第三科
- 執行廠商:國立成功大學
- 紀錄:陳鈞彦
- 壹、討論議題
  - 一、熱成像攝影機安裝作業已於4月20日完成決標,俟裝機完畢後 將進行花蓮港及人定勝天現地會勘;另因應去年觀測結果, 擬於5月初進行感測器遷移至更適合位置作業。
  - 二、正辦理越波影像判釋程式修改,以利後續影像自動化判釋測 試,越波示警方法將配合現行花蓮海岸公路浪襲預警系統之 規劃,採用波浪溯升高程與距離判斷,影像判釋示警範圍以 影像分析區域為主。
  - 三、刻正辦理111年颱風事件波浪溯升追算模擬,模擬範圍已納入 南側路段。
  - 四、現已完成 TaiCOM 海象預報資料介接,後續銜接機器學習模型 可產製溯升、越波模擬資料,此模型會配合浪襲預警系統模 擬資料、影像分析成果及溯升計感測資料進行比對。
  - 五、為測試夜間影像分析成果,採用不同特徵抽取分析方法進行夜間水線辨識,初步結果顯示,K-means 特徵抽取(機器學習)方式之擬合與效率皆較灰階特徵抽取方式為佳,惟自動化品管程式需再進行更新。

- 一、本所將提供花蓮海岸公路浪襲預警系統之模擬資料,做為模式 比對模擬結果應用。
- 二、本所將協助設定錄影主機伺服器防火牆開通事宜,提供國立成功大學遠端連線,進行影像自動化判釋程式之建置與測試。

壹、會議名稱:「MOTC-IOT-112-H3CB001d應用影像智慧化技術判釋海岸 公路及防波堤越波研究(2/4)-夜間越波判釋」合作研究案 4 月 份工作會議

10

貳、時間:112年4月25日(星期二)上午10時

參、地點:本所港灣技術研究中心5樓第一會議室(視訊會議)

肆、主持人:林雅雯科長 本本和言言

出席單位	職稱	姓名
ŭ	計畫主持人	吴昀達(視訊)
合作研究單位:	協同主持人	吳漢倫(視訊)
國立成功大學	協同主持人	陳彥龍(視訊)
	研究助理	左秀文(視訊)
本所港灣技術研究中心	副研究員	谏创

伍、出席單位及人員:

- 3 -

## 112年5月工作會議紀要

採購案件編號:MOTC-IOT-112-H3CB001d

會議名稱:「應用影像智慧化技術判釋海岸公路及防波堤越波研究(2/4)-夜間越波

判釋」合作研究案5月份工作會議 時間:112年5月31日(星期三)下午2時至3時30分 地點:本所港灣技術研究中心5樓第一會議室(視訊) 主持人:林雅雯科長 出席者:如簽到單

- 主辦單位:本所港灣技術研究中心第三科
- 執行廠商:國立成功大學
- 紀錄:陳鈞彦

#### 壹、討論議題

- 於5月24日至26日至花蓮港與台11線人定勝天路段進行現地勘查作業, 進行影像控制點定位量測,且初步完成影像轉換空間坐標作業,完成溯升 感測器位置調整佈設,並成功紀錄瑪娃颱風外圍環流造成之浪襲監測資料。
- 2、應用 SCHISM 模式進行海象數值模擬計算,擇選對臺灣東部影響較顯著的 颱風事件進行追算模擬,每場颱風模擬 252 小時,並增加 111 年度之尼莎、 軒嵐諾及梅花颱風三場颱風事件追算模擬,做為模式學習樣本資料。
- 3、考量花蓮港區內可架設攝影機之位置與高度限制,無法監控溯升狀況,建 議改以判釋越波與否作為警戒標的,搭配越波高度進行分級,未來可採用 現有花蓮港西防波堤堤頭攝影機(Q1786)之監控範圍,做為越波預測數值模 式驗證所用。
- 4、彩色攝影機以2K畫質錄製,受傳輸頻寬限制,2K畫質影像較無法即時展示於網頁上,然解析度越高之影像有助於程式判釋分析,或可嘗試分流,仍以2K畫質進行影像判釋分析,但以壓縮畫質展示於預警系統網頁,以達即時展示之效果。

- 1 -

- 預計函請公路總局提供控制點測量及瑪娃颱風時段影像,提供國立成功大 學進行影像辨識。
- 2、請國立成功大學檢視之花蓮港區西防波堤堤頭攝影機(P5515)之放大影像, 及花蓮港區西防波堤堤頭攝影機(Q1786)之夜間影像,評估影像畫質可否供 判釋使用。
- 3、目前新架設之攝影機易受雨滴殘留影響,造成判釋不易,請國立成功大學 先測試同路段之公路總局攝影機畫面解析度可否供判釋分析使用。此外, 該路段路面受地表逕流影響造成路面顏色深淺差異,以及車輛通過造成之 反光問題,亦請分析是否影響影像判釋作業。
- 四、請檢視越波時之花蓮港東堤影像(2支攝影機),以了解是否同時越波。

壹、會議名稱:「MOTC-IOT-112-H3CB001d應用影像智慧化技術判釋海岸 公路及防波堤越波研究(2/4)-夜間越波判釋」合作研究案5月 份工作會議

貳、時間:112年5月31日(星期二)下午2時

參、地點:本所港灣技術研究中心5樓第一會議室(視訊會議) 肆、主持人:林雅雯科長 <u>1119</u>

出席單位	職稱	姓名
合作研究單位:	計畫主持人	吳昀達(視訊)
	協同主持人	吳漢倫(視訊)
國立成功大學	協同主持人	陳彦龍(視訊)
	研究助理	左秀文(視訊)
本所港灣技術研究中心	副研究員	博到了

伍、出席單位及人員:

-3-

採購案件編號:MOTC-IOT-112-H3CB001d

會議名稱:「應用影像智慧化技術判釋海岸公路及防波堤越波研究(2/4)-夜間越波

判釋」合作研究案6月份工作會議

- 時間:112年6月20日(星期二)下午2時至3時30分
- 地點:本所港灣技術研究中心5樓第一會議室(視訊)
- 主持人:林雅雯科長
- 出席者:如簽到單
- 主辦單位:本所港灣技術研究中心第三科
- 執行廠商:國立成功大學
- 紀錄:陳鈞彦

#### 壹、討論議題

- 一、已完成影像自動化擷取程式開發與測試,並成功截取本所影像展示網站與 公路總局省道影像展示網站之影像圖資,另亦向公路總局申調公路總局人 定勝天路段控制點測量、瑪娃颱風時段影像,藉以進行影像高程定位,並 已協助完成花蓮港西防波堤堤頭攝影機之放大倍率調整。
- 二、已初步完成不同來源擷取影像之解析度分析,目前採用即時載圖方式進行 分析後,將分析成果透過固定 IP 傳輸方式回傳至本所,正進行相關測試。
- 三、影像自動化擷取程式擷取影像頻率約為每張影像耗時0.84秒, 擷取成果不 受影像頻率(fps)影響,以程式進行公路總局省道影像連續擷取技術可行, 將與公路總局連繫相關事宜。有關機器學習溯升模型發展,採用開放源程 式(SCHISM)進行海象數值模擬計算,因模擬區域多屬礁岩地形,礁岩地形 對波浪傳遞之影響顯著,已調整模擬網格解析度。

#### 貳、主要結論

- 一、期中報告擬呈現數值建模、數值模擬、溯升驗證等資料,以颱風事件追算 模擬進行海象資料比對,透過111年度梅花颱風等事件之溯升計實測資料與 影像畫面進行驗證。
- 二、本所設置2種攝影機影像水線判釋成果尚需透過人為判釋資料驗證可靠性, 藉以比對二者水線判釋差異性。
- 三、請研析花蓮港東堤影像於瑪娃颱風時期之越波情形,俾利攝影位置之擇選。

附4-9

四、期中報告繳交期限為6月29日,請國立成功大學依限函送至本所,以利辦理 期中報告審查事宜。

#### 會議簽到表

### 壹、會議名稱:「MOTC-IOT-112-H3CB001d應用影像智慧化技術判釋海岸 公路及防波堤越波研究(2/4)-夜間越波判釋」合作研究案6月 份工作會議

貳、時間:112年6月20日(星期二)下午2時

職稱	姓名
計畫主持人	吳昀達(視訊)
協同主持人	吳漢倫(視訊)
協同主持人	陳彦龍(視訊)
研究助理	左秀文(視訊)
副研究員	歌全了多
	職稱 計畫主持人 協同主持人 協同主持人 研究助理 副研究員

伍、出席單位及人員:

-2-

# 112年7月工作會議紀要

採購案件編號:MOTC-IOT-112-H3CB001d

會議名稱:「應用影像智慧化技術判釋海岸公路及防波堤越波研究(2/4)-夜間越波

判釋」合作研究案7月份工作會議

- 時間:112年7月28日(星期五)上午9時至10時30分
- 地點:本所港灣技術研究中心5樓第一會議室(視訊)
- 主持人:林雅雯科長
- 出席者:如簽到單
- 主辦單位:本所港灣技術研究中心第三科
- 執行廠商:國立成功大學
- 紀錄:陳鈞彦

#### 壹、討論議題

- 本計畫溯升計已蒐錄有230筆波浪溯升資料,北側與中側斷面相對位置較低 處蒐錄最多;北側與南側斷面相對位置較高處各有2筆資料。
- 2、 已初步評估光學影像與熱成像影像判識可行性,並進行影像判識情境分析。
- 3、已初步建立自動化影像判釋系統,完成的自動化項目包括下載串流影像、 影像判釋、判釋影像儲存與判釋影像發布,已可呈現即時影像水線分析成 果,現正進行中的自動化項目為上傳判釋影像和最大溯升高資訊至港研 FTP伺服器,以及影像可用性判釋功能,即可完成自動化影像判釋。
- 4、 有關機器學習溯升模型發展,採用開放源程式(SCHISM)進行海象數值模擬 計算,模擬範圍已納入南側路段,劃分為12斷面。

- 本計畫因光學影像與熱成像影像成像機制不同,光學影像於夜間光線較弱時基本不可行,熱成像影像則依據溫度成像,影像反應溫差,於溫差較大的情況,如中午、日照強烈時,或輻射熱尚未冷卻之時段,辨識水線效果相對較佳,惟仍需再測試判釋門檻值。
- 2、熱成像影像較無法顯示降雨情況,惟其成像機制為反應溫差,當降雨延時 不長、雨勢不大,尚有足夠溫差可顯示不同色階影像時,熱成像影像可呈 現較佳之水線判釋結果。
- 3、請國立成功大學評估後續光學及熱成像之判釋成果整合呈現、警戒值訂定 方式,以利提供示警資訊做為決策應用參考。
- 4、 請國立成功大學評估未來光學影像攝影機更換之建議廠牌型號、使用

LIDAR觀測之可行性及費用。

- 5、 有關機器學習溯升模型, 請國立成功大學測試結合本所 Taicoms2.0之預報 结果, 並評估日後同化之可行性。
- 6、期中報告審查會議訂於8月15日舉辦,請國立成功大學準備簡報資料,以利 辦理期中報告審查事宜。

# 會議簽到表

- 壹、會議名稱:「MOTC-IOT-112-H3CB001d應用影像智慧化技術判釋海岸 公路及防波堤越波研究(2/4)-夜間越波判釋」合作研究案7月 份工作會議
- 貳、時間:112年7月28日(星期五)上午9時
- 參、地點:本所港灣技術研究中心5樓第一會議室(視訊會議) 肆、主持人:林雅雯科長 \_\_\_\_\_\_\_\_
- 伍、出席單位及人員:

出席單位	職稱	姓名
合作研究單位: 國立成功大學	計畫主持人	吳昀達(視訊)
	協同主持人	吳漢倫(視訊)
	協同主持人	陳彦龍(視訊)
	研究助理	左秀文(視訊)
本所港灣技術研究中心	副研究員	陳金計

採購案件編號:MOTC-IOT-112-H3CB001d

- 會議名稱:「應用影像智慧化技術判釋海岸公路及防波堤越波研究 (2/4)-夜間越波判釋」合作研究案9月份工作會議
- 時 間:112年9月28日(星期四)上午10時至11時30分
- 地 點:本所運輸技術研究中心5樓第一會議室(視訊)
- 主 持 人:林雅雯科長
- 出席 者:如簽到單
- 主辦單位:本所運輸技術研究中心第三科
- 執行 廠商:國立成功大學
- 紀錄:陳鈞彥

#### 壹、討論議題

- 一、由波浪溯升計回傳資料進行影像判釋驗證,結果顯示,日間與 夜間之影像水線判釋結果與波浪溯升計回傳資料可相互呼應。
- 二、水線判釋有受大型車輛(如遊覽車)經過造成誤判影響之情形, 已採用時間率定資料功能(與前15秒連續影像)進行濾除,確實 可濾除該時段畫面,降低誤發警示之可能,但此方法可能一併 濾除車輛經過與越波同時發生之情況影像。
- 三、已初步建立自動化影像判釋系統,完成的自動化項目包括下載 串流影像、影像判釋、判釋影像儲存與判釋影像發布,已可呈 現即時影像水線分析成果,此外,嘗試比對手動擷取影像與自 動擷取影像兩種解析度之水線判釋,結果顯示2種解析度對光 學影像與熱成像影像皆無明顯影響,但仍須針對水線轉換高程 影響進行分析。
- 四、有關機器學習溯升模型發展,採用開放源程式(SCHISM)進行 海象數值模擬計算,已採用過往颱風事件資料完成海象追算驗 證與溯升追算驗證。

- 1 -

- 一、後續將嘗試採用差異性分群方式濾除車輛經過之影響,尋求濾 除受車輛影響之水線誤判情況,並同時保留該時段之水線判釋 之方法。
- 二、未來預警系統擬以呈現燈號為主,並建議除了呈現預警資料之 燈號外,同時呈現影像判釋資料之燈號作為對照。
- 三、本案期末報告初稿繳交期限為10月26日,請國立成功大學依限 函文提送。

壹、會議名稱:「MOTC-IOT-112-H3CB001d應用影像智慧化技術判釋海岸 公路及防波堤越波研究(2/4)-夜間越波判釋」合作研究案9月 份工作會議

貳、時間:112年9月28日(星期四)上午10時

參、地點:本所運輸技術研究中心5樓第一會議室(視訊會議) 肆、主持人:林雅雯科長 \_\_\_\_\_\_

伍、出席單位及人員:

出席單位	職稱	姓名
Ĭ.	計畫主持人	吴昀達(視訊)
	協同主持人	吳漢倫(視訊)
合作研究單位: 國立成功大學	協同主持人	陳彥龍(視訊)
西亚成功八子	研究助理	左秀文(視訊)
	研究助理	江佳倫(視訊)
本所港灣技術研究中心	副研究員	ア東国ア
	ĩ	

- 3 -

採購編號:MOTC-IOT-112-H3CB001d

- 會議名稱:「應用影像智慧化技術判釋海岸公路及防波堤越波研究 (2/4)-夜間越波判釋」合作研究案10月份工作會議
- 時 間:112年10月30日(星期一)下午2時至3時30分
- 地 點:本所運輸技術研究中心5樓第一會議室(視訊)
- 主 持 人:林雅雯科長
- 出席者:如簽到單
- 主辦單位:本所運輸技術研究中心第三科
- 執行廠商:國立成功大學
- 紀 錄:陳鈞彥
- 壹、討論議題
  - 一、海岸公路影像之水線判釋以像素(pixel)做分類,進行警戒判斷, 並參考期中審查委員建議,劃分為黃/橘/紅等3等級警戒區域。
  - 二、已初步建立自動化影像判釋系統,完成的自動化項目包括下載 串流影像、影像判釋、判釋影像儲存與判釋影像發布,已可呈 現即時影像水線分析成果圖片及成果文字檔,並上傳至 FTP 提 供本所下載測試,文字檔持續更新並以月為單位保留歷史資料, RGB 與熱成像影像皆會分析判釋,惟上傳時僅擇取波浪溯升高 程較大值進行上傳,若影像辨識異常,則水線不予顯示。
  - 三、有關機器學習溯升模型發展,已採用過往颱風事件資料完成數 值模擬海象追算驗證與溯升追算驗證(共1,552筆資料)。
  - 四、已於10月26日如期完成期末報告初稿提送。
- 貳、主要結論
  - 五、有關自動化影像判釋系統,請國立成功大學持續進行開發,並 依照本案契約規定於驗收時交付程式及原始碼。
  - 六、本案期末審查會議訂於11月9日下午2時召開,請國立成功大學 出席並準備簡報資料。

- 1 -
## 會議簽到表

壹、會議名稱:「MOTC-IOT-112-H3CB001d應用影像智慧化技術判釋海岸 公路及防波堤越波研究(2/4)-夜間越波判釋」合作研究案 10 月份工作會議

貳、時間:112年10月30日(星期一)下午2時

參、地點:本所運輸技術研究中心5樓第一會議室(視訊會議) 肆、主持人:林雅雯科長 <u>4778</u>

伍、出席單位及人員:

出席單位	職稱	姓名
合作研究單位: 國立成功大學	計畫主持人	吴昀達(視訊)
	協同主持人	吳漢倫(視訊)
	協同主持人	陳彥龍(視訊)
	協同主持人	蕭士俊(視訊)
本所運輸技術研究中心	副研究員	陳銅素