

# 利用海岸攝影機影像遙測瘋狗浪之研究

陳盈智<sup>1</sup> 王敘民<sup>1</sup> 董東璟<sup>2\*</sup> 蔡政翰<sup>3</sup> 滕春慈<sup>4</sup>

## 摘要

瘋狗浪 (freak wave) 是海中突然發生的大浪，它大都在海洋中出現，也頻繁出現於海岸邊，對民眾從事海域遊憩活動帶來很大的危害風險。過去對瘋狗浪的研究大都採用數值方式進行，觀測研究甚少，主要是因為瘋狗浪不知發生於何時何地，很難觀測。本研究於海岸邊設置光學影像監視站，並發展一個影像處理方法與浪花流量與穿越速度計算方法，藉以判識瘋狗浪之發生，驗證結果顯示準確性可達八成以上，與過去實際發生意外事件之比較也相當一致。另外，分析結果也發現，海岸瘋狗浪之發生與入射波高未具有高度相關性，這代表瘋狗浪之發生除入射波浪外，尚有其它影響因子。本研究發展之瘋狗浪監測與分析技術可廣泛應用於各地，藉以蒐集更多瘋狗浪資料，對於掌握瘋狗浪特性與預警模式之建置帶來很大之助益。

**關鍵詞：**瘋狗浪、光學影像、觀測

## 1. 前言

突然出現的大浪稱為瘋狗浪，英文常用 *freak wave* 或 *rogue wave*。這種突發的危險波浪可能出現在海洋中，對航行船隻帶來危害；它也時常出現在海岸邊，對海域遊憩活動民眾帶來很大的威脅，這兩種危險波浪發生的機制不同，觀測或預測方法也不一樣 (蔡政翰等, 2016)，本文的研究對象是指出現在海岸邊的瘋狗浪。近年來，由於台灣海域遊憩活動興盛，民眾到海岸邊活動的情形變多，意外事件也頻繁發生，其中又以瘋狗浪襲擊釣客或遊客事件最常聽聞，調查研究顯示，因為瘋狗浪造成之民眾落海受傷或死亡已達數百人之多 (王敘民等, 2018)，是最嚴重的海岸災害之一。瘋狗浪的發生沒有預兆，海岸邊突如其來的一個大浪，難以事前防備，部分研究指稱是長浪所引起 (董東璟等, 2016)，瘋狗浪不知發生在何時與何地，因此若非定點且長時間觀測，很難獲得瘋狗浪資料，沒有資料就不易瞭解其特性，更難以預測。

本研究擬觀測的海岸瘋狗浪是一個沖上堤岸的大浪花，且浪花的動能足以將人沖倒造成傷害，它的形成與入射波浪、海底地形、海岸型態等有關，屬於波浪與結構物交互作用問題。一般海洋觀測作業中，安裝在海底或海面之儀器可以觀測到入射波浪，但無法觀測到真正瘋狗浪發生的瞬間，因為要將量測儀器要能安裝在海堤或礁岩前方絕非易事。海岸瘋狗浪的發生機制目前尚不清楚，目前的研究主要是以統計的方式進行，如資料探勘的技術 (Doong *et al.*, 2018、Doong *et al.*, 2020)，從過去的事件案例中，歸納出海岸瘋狗浪的好發條件，並進一步建置瘋狗浪預警系統，目的是提供給相關單位足夠之資訊，能提前進行警戒，避免災害發生。

然而瘋狗浪襲人的紀錄多來自於報章媒體或救災報案紀錄，若發生瘋狗浪但無人員受到襲擊，則不會有任何紀錄；此外資料本身僅為媒體或報案文字紀錄，案例本身包含難以量化的不確定性。因此需要以連續觀測的方式，在同一地點持續監測，才能完整地蒐集海岸瘋狗浪案例，才能較完整的掌

<sup>1</sup> 國立成功大學水利及海洋工程學系 博士生

<sup>2</sup> 國立成功大學水利及海洋工程學系 教授

<sup>3</sup> 國立臺灣海洋大學海洋環境資訊系 名譽教授

<sup>4</sup> 中央氣象局海象測報中心 主任

\* 通訊作者, E-mail: doong@mail.ncku.edu.tw

收到日期：民國 111 年 03 月 01 日

修改日期：民國 111 年 04 月 11 日

接受日期：民國 111 年 05 月 02 日

握瘋狗浪發生的形成過程，相關案例也能進一步應用在瘋狗浪預警系統之建立。海岸邊的遙測系統包含光學 (optics) 系統和雷達波 (radar) 系統，Lehner *et al.* (2002)、Dankert *et al.* (2003) 等人曾使用衛星雷達影像或微波雷達影像去分析海洋中的極端大波浪 (extreme wave)，但這類的研究限制在較外海區域，無法應用至海岸邊。光學成為觀測海岸瘋狗浪的可能工具之一，岸基光學攝影機具有成本低與容易建置等特性，影像常被應用在海岸災害的監測，如裂流監測 (Rip current) (Brander, 1999、Dalrymple *et al.*, 2011、de Silva *et al.*, 2021)、海岸線變遷 (Didier *et al.*, 2017、Pugliano *et al.*, 2019) 等，從觀測原理來看，應用光學攝影機監測海岸瘋狗浪是目前較為可行的方法。

光學觀測一般以數位化攝影機進行，觀測波浪運動不需要到每秒鐘記錄 20~30 張影像，每秒 1~5 張即已足夠。從龐大的光學影像資料中，若以人工進行海岸瘋狗浪案例辨別，耗時耗力，此外也會有人為主觀認定的疑慮。為減少在分析上的困難以及增加處理的效率，本研究將發展一套自動化辨識海岸瘋狗浪之流程，應用影像邊界偵測的技術，自動辨識波浪與礁岩交互作用後產生之浪花邊界，並採用前人研究判定人體穩定度 (Human Stability) 的條件來判識海岸瘋狗浪。

## 2. 影像監視站建置與分析方法

自 2000 年迄今，台灣海岸共計發生 393 件瘋狗浪襲人事件，共造成 669 人落海，平均每年發生 18 件以上，其中，位於新北市貢寮區的龍洞一支、二支、三支海岸是著名磯釣場，它們是長年受海浪侵蝕的海蝕平台，從過去研究統計，那裏是台灣紀錄到海岸瘋狗浪次數最多的地方，如表 1，該處累積落海事件達 42 件。近年來中央氣象局規劃於全台灣海岸建置瘋狗浪監測站，目前已完成 4 個測站建置，另有數個測站已規劃建議 (如圖 1)。本研究選用龍洞監測站之資料進行後續之方法建立與資料分析，該站攝影機架設於龍洞四季灣辦公室屋頂，監視影像畫素為 200 萬，影像更新視頻率為 24 fps

(frame per second)，每日記錄白天約 12 小時的海況影像。攝影機設置的穩固性，會影響後續影像分析的成效，尤其在天氣系統影響期間 (如鋒面、颱風) 天氣條件較為險峻，穩定的影像可以有效地記錄浪花分布，有效蒐集瘋狗浪影像案例。

表 1 全台瘋狗浪襲人事件發生地點統計

排名	地點	案例數	傷亡人數
1	新北市貢寮區-龍洞一支、二支、三支	42	113
2	基隆市中正區-八斗子/碧砂漁港	22	53
3	新北市萬里區-野柳公園	18	59
4	花蓮縣豐濱鄉-石梯坪	12	30
5	基隆市中正區-和平島公園	11	27



圖 1 瘋狗浪監測站網 (紅點為已建置完成之測站，灰點為規劃建置測站)

本研究選用龍洞瘋狗浪光學監視站之資料進行分析，光學攝影機可記錄波浪與礁石交互作用產生之浪花，同時為了儘量提高波浪解析度，設定每 0.125 秒擷取一張影像進行分析，主要分析步驟包含灰階轉化、影像雜訊濾波、影像二值化和波浪參數計算，藉以建立一套海岸瘋狗浪分析辨識流程，說明如下：

攝影機原始影像為三維矩陣的 RGB 全彩格式，於分析上較為繁雜，本研究採取影像灰階化予以簡化，如圖 2 所示，其灰度值(gray scale value, GSV)

轉化公式如式(1)。

$$GSV=0.2989R+0.5870G+0.1140B.....(1)$$

為明顯地區分浪花及背景色的差別，本研究採取了影像二值化的方法，將浪花視為白色影像，其餘背景均為黑色影像，如圖 3 所示，因此閾值的選擇會影響到浪花辨識清楚與否。經測試後發現，以天空區域最大灰度值乘上一調整參數 (R)，如式(2)，具有良好之辨識效果。

$$\text{閾值}=R \times \max(GSV(\text{sky})).....(2)$$

其中調整參數 (R) 與背景中天空與海洋最大灰度值的比值有關，當比值大於 0.8 時，R 值設定為 0.9；比值介於 0.7~0.8 時，R 值設定 0.88；比值介於 0.6~0.7 時，R 值設為 0.86，比值小於 0.6 時 R 值設定 0.84。

由於海面存在雜訊，因此，在影像二值化後，採用均值濾波 (Mean Filter) 方式濾除雜訊，將特定範圍內之灰度值取平均，取代為的新灰度值，以達到濾除雜訊的效果，其均值濾波視窗大小 (windows) 會影響到濾除雜訊的效果，利用此方法將影像進行平滑化，減少天空和海洋中的反光點 (圖 4)，可有效降低計算上所產生之誤差。

攝影機在安裝完成後，由於浪花與背景 (礁岩、海面) 之灰度值有明顯之差異，故可利用上述二值化方法區分出來，且經現場率定，參考平均潮位定義浪花高度計算之基準線，以龍洞光學監視站為例，每一像素代表實際長度為 4 cm，利用自行發展的程式可分析浪花最高位置，便可與基準線比較計算浪花最大波高。



圖 2 原始影像灰階化結果



圖 3 影像二值化結果



圖 4 影像均值濾波及銳化結果

### 3. 浪花邊界偵測與驗證

由前文說明的分析流程可以自動地從監視影像中擷取影像並分析出浪花範圍，但由於在不同時間或不同天氣條件下，浪花、海面與天空之顏色並不同，為確保前節提出之自動化影像辨識技術可準確地分析浪花邊界，需決定最佳調整參數 (R) 並設定最合適之均值濾波視窗大小，若 R 值設定太大，天空可能被誤判為浪花；若該參數設定太小時，浪花的辨識能力會降低，甚至無法辨識。另外，均值濾波視窗設置太大時，會遺失過多影像中之資訊，但是太小時，卻又無法凸顯目標。本研究以人工之方式挑選出 186 筆浪花明顯大於 2 m 之案例，並設定 R 值範圍為 0.7-0.95，視窗大小分別設置為 10x10 pixels 和 15x15 pixels，透過試誤法求得最佳 R 值與視窗大小，分析結果如表 2 所示，結果顯示當調整參數為 0.92 且視窗大小為 15x15 pixels 時，有最佳之辨識結果，186 筆案例有 160 筆被成功辨識出來，正確率達 86%。其餘 26 筆辨識失敗的原因，主要受到天氣影響，浪花與天空背景的颜色非常接近，因此在浪花辨識上，無法將兩者成功區分開來。整

體來說，當海岸邊浪花出現時，本研究提出之浪花辨識流程，絕大部分皆可以成功辨識。

為了驗證上述分析結果，本研究挑選顯著之海岸瘋狗浪進行分析，計算浪花邊界判釋結果的平均誤差，計算如式(3)。

$$E = \frac{1}{B} \sum_{i=1}^B |y_{0i} - y_{ci}| \dots\dots\dots (3)$$

其中  $y_0$  為影像辨識方法獲得之瘋狗浪邊界， $y_c$  為人工辨識浪花邊界， $B$  為浪花寬度，各符號說明如圖 5，浪花誤差計算由礁岩最右側處 ( $i = 1$ ) 至浪花最左側 ( $i = B$ )，驗證結果如圖 6。分析結果顯示，本研究所提方法能正確萃取海岸瘋狗浪邊界，與實際浪花差異大都在 1 像素以內，代表小於 4 cm。

表 2 調整參數與視窗測試正確率

調整參數(R)	視窗大小	
	10 Pixels	15 Pixels
0.7	75 %	77 %
0.8	67 %	73 %
0.9	74 %	76 %
0.91	79 %	83 %
0.92	83 %	86 %
0.93	79 %	83 %

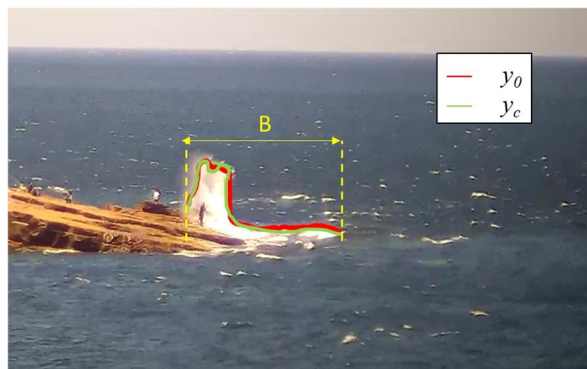


圖 5 浪花邊界辨識之驗證 (紅線為程式辨識結果，綠線為人工辨識結果)



圖 6 浪花邊界辨識結果 (紅線為浪花邊緣)

### 4. 瘋狗浪辨識準則

由前一節所提出之分析流程可以自動且準確的分析影像並取得浪花邊界，然而要從二維平面的水花影像中，辨識出具有危險性的瘋狗浪案例，須考慮到浪花整體之浪花高度與速度。當波浪衝擊礁岩後所激起之浪花若要將人沖倒需有足夠的動能，而動能主要的影響條件主要有兩大參數：浪花高度與浪花速度。所以本研究提出一套由影像分析水花流量和通量的估算方式，並定義出浪花案例歷時時間的長短。

光學影像為二維平面資訊，因此在瘋狗浪特性計算時，假設浪花的厚度 (深度) 與密度為均勻，則浪花的面積即可視為該瞬時單位水量 ( $V_{CFW}$ )，可表示為式(4)。

$$V_{CFW}(t) = \rho_{splash} \int_s \eta(s, t) ds \dots\dots\dots (4)$$

其中 $\eta(s, t)$  表示水花邊緣的高層,  $s$  表示空間,  $t$  為時間, 而瞬時單位水量對時間做一次微分可得到單位瞬時流量 ( $Q_{CFW}$ ), 如式(5)。

$$Q_{CFW} = dV_{CFW}/dt \dots\dots\dots (5)$$

推算單位流量過程中, 也可計算整個浪花產生到落入海中的歷時, 浪花產生到結束定義為浪花高於一個人高度以上到最高浪花低於一個人高為止, 視為是一個案例的開始與結束, 如此便可得到某案例發生時間內, 總共流經多少水量, 在何時所造成的流量最大。除了歷時與流量, 浪花平均速度可從瞬時流量除以浪花高度 ( $H_{CFW}$ ) 獲得式(6)。

$$u_{CFW} = Q_{CFW}/H_{CFW} \dots\dots\dots (6)$$

瘋狗浪是指在海岸地區會對人造成危害之浪花, 但人的體格條件與環境條件都是影響人是否會被沖倒的因素, Takahashi *et al.* (1992) 針對海嘯對人衝擊程度進行實驗, 探討在何種水深與流速條件下會將人沖倒, 並以成年男性作為實驗對象, 不考慮站姿因素, 實驗者挺直站在水槽中進行, 記錄不同水深條件之下實驗者會被沖倒的臨界流速, 之後也有許多研究討論洪水中水深與流速對人體站立平衡的影響程度, 如 Jonkman & Penning-Rowse (2008) 從摩擦力與動量討論對人平衡的影響, Abt *et al.* (1989) 根據這些實驗提出一個式子來描述水深、流速與人的身高和體重之間的關係, 如式(7)。

$$hv_c = 0.0929(e^{0.001906Lm+1.09})^2 \dots\dots\dots (7)$$

其中  $h$  為水深、 $v_c$  為流速、 $L$  為身高(單位: m)、 $m$  為體重(單位: Kg)。

Karvonen *et al.* (2000) 提出式(8)。

$$hv_c = 0.004Lm + 0.2 \dots\dots\dots (8)$$

Penning-Rowse *et al.* (2005) 則提出一套半定量方程式來評估洪水對人衝擊的程度, 如式(9)。

$$Flood Hazard = h(v_c + 0.5) + DF \dots\dots\dots (9)$$

其中 Flood Hazard (FH) 為人受洪水災害程度, DF

為其它影響因子, 由此式子可以量化洪水對人衝擊的程度, 尤其針對不同個體條件, 如成年人或兒童, Penning-Rowse *et al.* (2005) 進行了許多實驗以量化這些影響因子, 之後有一些學者依此基礎進行一系列的實驗, 如 Bac *et al.* (2016) 以水槽實驗測試不同流速水深對人平衡的衝擊, 並提出 FH 值可以 0.6 和 0.46 作為分成高、中、低風險的閾值; Xia *et al.* (2014) 則針對大人與小孩的身高體重差異, 提出不同的關係式; Ramsbottom *et al.* (2006) 的研究建議當參數值小於 0.75 表示該條件為低度危害, 大於 1.5 為大部分具有危害性, 而大於 2.5 則屬於非常危險, 近期研究提出之臨界水深流速 (如 Kvočka *et al.*, 2016、Martínez-Gomariz *et al.*, 2016) 也應用類似的準則, 評估洪水衝擊的影響。本研究以較嚴格的條件, 設定當 FH 參數達 1.5 以上為判斷是否為瘋狗浪的條件, 除此, 本研究附加另外一個條件為: 兩案例間應間格 6 秒以上, 這是為了避免短時間內連續的高浪花造成不合理的判釋所考量, 因此, 符合上述兩條件者始定義為一個瘋狗浪。

## 5. 瘋狗浪影像分析結果

本研究統計選取 2016 年至 2018 年的海岸光學影像進行分析, 總影像長度達 9,527 個小時, 分析結果共獲得 10,874 個瘋狗浪案例, 其中幾個典型的瘋狗浪影像如圖 7, 本研究統計浪花高度大於 2 m 以上者及其 FH 參數如圖 8 所示, 發現其大部分的瘋狗浪發生時的高度介於 3-5 m, 平均浪花高度為 4.17 m, 平均 FH 為 1.41, 顯示浪花高度大於 2 m 以上者多屬低度危害度, 符合本研究定義之瘋狗浪條件 (FH>1.5) 者約佔 37%; 此外, 瘋狗浪發生歷時約為 3.5 秒, 顯示瘋狗浪出現的突然, 但也在短時間內即消逝, 且瘋狗浪並非皆為巨大的浪花, 大多都為 1.5 至 2 倍人身高的浪花為主, 顯示浪花的致災性與浪花的高度無絕對的關係。圖 9 為瘋狗浪最大浪花高度大於 2 m 的案例, 結果顯示與所有浪花高度之分布不盡相同, 和實測波浪比較也發現, 瘋狗浪高度與入射波浪的高度與頻率並無顯著關聯, 這代表瘋狗浪受到波浪與礁岩交互作用所產生, 成

因相當複雜，除了入射波浪外，尚有其他影響因子。本研究統計 2000-2020 年間，各月份發生之瘋狗浪襲人落海事件比率，並與前文所述之瘋狗浪影像觀測結果比較，如圖 10 所示。分析結果顯示，瘋狗浪

發生在秋、冬季的比例較高，發生在夏季與春季的比較較少，且影像分析結果與實際落海事件的統計結果趨勢一致，也驗證了影像分析結果的準確性。

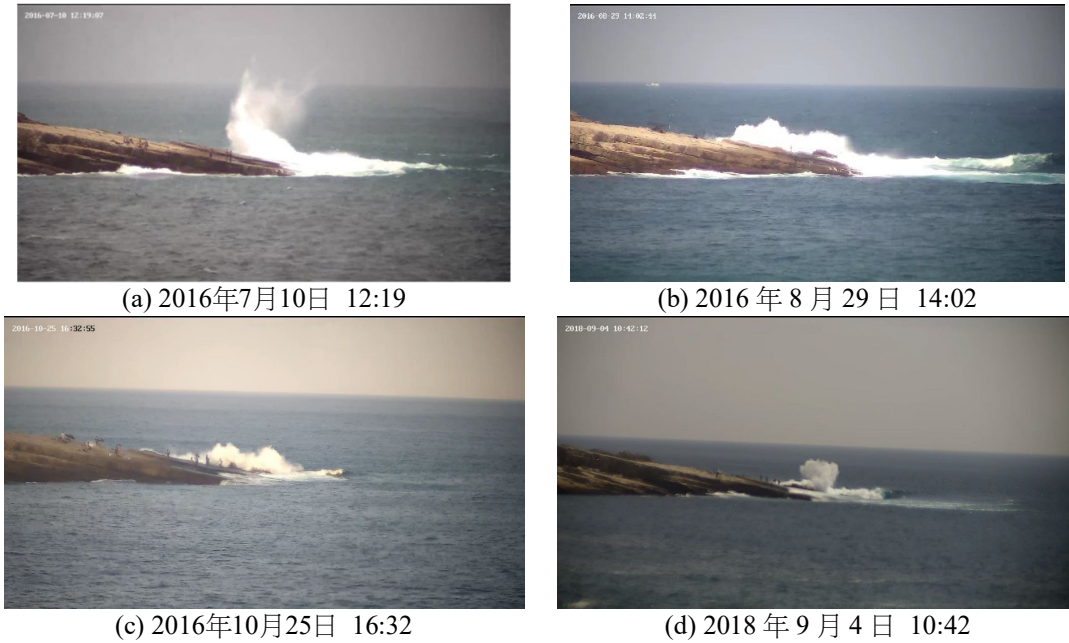


圖 7 新北市龍洞海域瘋狗浪觀測系統測得之案例

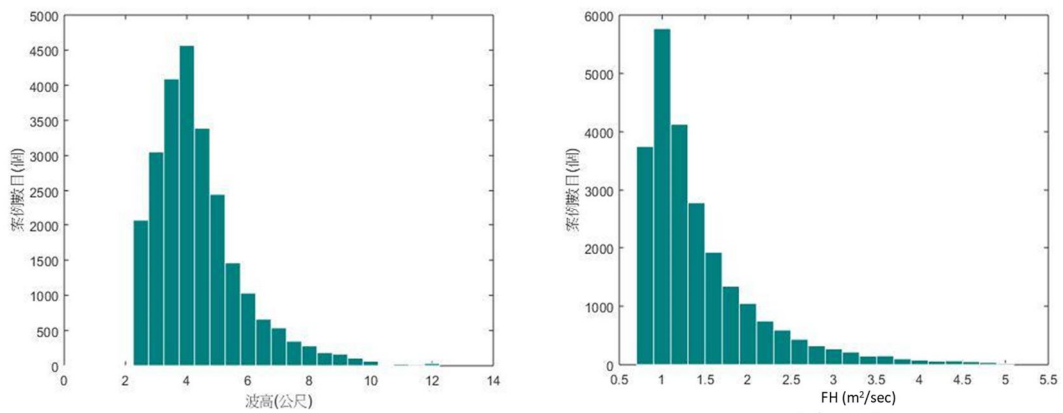


圖 8 瘋狗浪波浪參數分布圖；(左圖) 波高、(右圖) FH 值

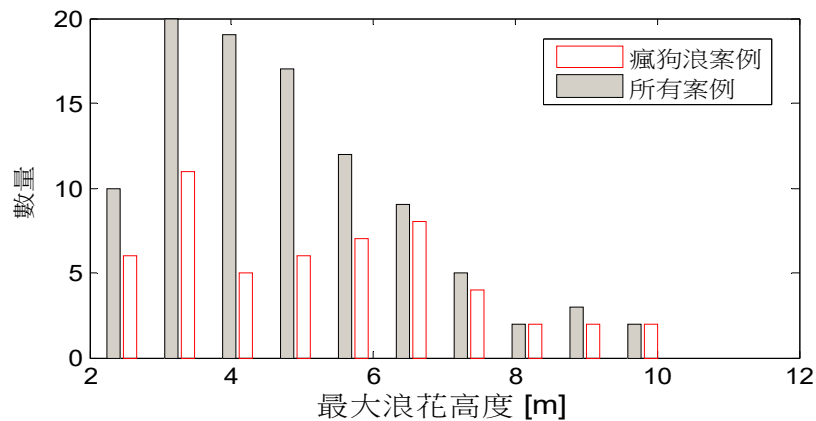


圖 9 瘋狗浪案例最大浪花高度分布

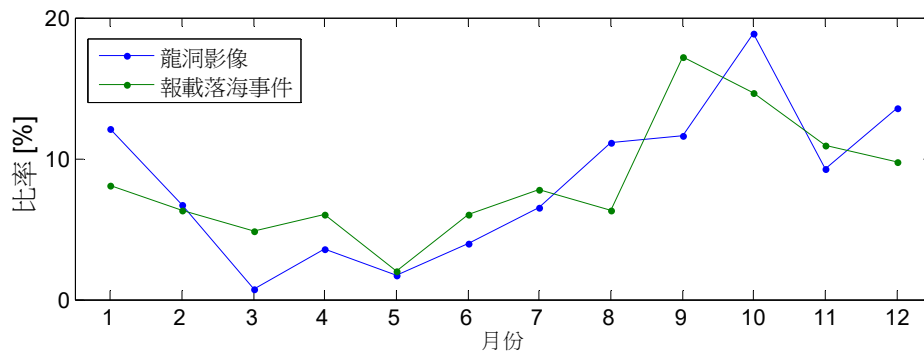


圖 10 龍洞影像發生月份分布與龍洞海域報載落海事件分析

## 6. 結語與建議

海岸瘋狗浪的發生是海岸活動民眾最大的風險之一，但是目前針對瘋狗浪的研究不多，主要的原因之一是資料不足，瘋狗浪不知何時何地會發生，資料取得困難。本研究以在海岸邊設置光學影像站的方式觀測海岸瘋狗浪，希望蒐集更多的瘋狗浪資料進行預警用途，本文的目的是報告從這些光學影像站解析海岸瘋狗浪的方法與流程。

本研究從海岸浪花影像分析高度與穿越速度，並參考前人關於洪水衝擊人體的研究，使用洪水災害 (Flood Hazard, FH) 參數做為研判海岸浪花是否辨識為瘋狗浪的方法，本研究建議  $FH > 1.5$  之浪花為瘋狗浪，分析 2016 年至 2018 年設置在新北市龍洞灣的攝影機影像，共分析獲得了 10,874 筆瘋狗浪，顯示瘋狗浪發生的頻率相當高，本文所提瘋狗浪影像辨識的成功率可達 86% 以上，與過去 20 年實際落海事件的月份分布比較發現相當一致，這都表示所提方法卻可用來分析海岸光學影像中的瘋狗浪事件。本文分析所得之瘋狗浪案例，發現瘋狗浪之發生與入射波浪的波高、週期並無關聯性，顯示瘋狗浪的發生機制並非僅受入射波浪所影響，尚有其它很多因子。根據本文之研究，初步證實了從海岸光學影像確可分析出瘋狗浪，此方法 (搭配攝影機) 若可廣泛架設於台灣海岸，可以蒐集到相當充足的瘋狗浪資料，對於瞭解瘋狗浪形成機制以及建立預警系統的助益甚大。

## 參考文獻

王敘民、陳盈智、張舒惠、董東璟、蔡政翰、林芳

如，2018。實測海岸瘋狗浪特性分析，中央氣象局 107 年天氣分析與預報研討會論文集，台北。[Wang, S.M., Chen, Y.J., Jang, S.H., Doong, D.J., Tsai, C.H., and Lin, F.J., 2018. An analysis of the characteristics of observed coastal freak waves, 2018 Conference on Weather Analysis and Forecasting, Taipei.(in Chinese)]

蔡政翰、董東璟、蔡仁智，2016。台灣附近的瘋狗浪和異常波浪，海洋及水下科技季刊，26(4)：3-8。[Tsai, C.H., Doong, D.J., and Tsai, J.C., 2016. Coastal and oceanic dangerous waves at coasts and coastal ocean of Taiwan, Journal of Ocean and Underwater Technology, 26(4): 3-8. (in Chinese)]

董東璟、陳盈智、彭仁平，2016。長浪引起瘋狗浪之案例分析，海洋及水下科技季刊，26(4)：32-37。[Doong, D.J., Chen, Y.J., and Peng, J.P., 2016. Case studies on the coastal freak waves generated by swells, Journal of Ocean and Underwater Technology, 26(4): 32-37. (in Chinese)]

Abt, S.R., Wittier, R.J., Taylor, A., and Love, D.J., 1989. Human stability in a high flood hazard zone, Water Resources Bulletin, 25(4): 881-890.

Bae, H.U., Yun, K.M., Yoon, J.Y., and Lim, N.H., 2016. Human Stability with respect to overtopping flow on the breakwater, International Journal of Applied Engineering Research, 11: 111-119.

Brander, R.W., 1999. Field observations on the morphodynamic evolution of low wave energy rip current system, Marine Geology, 157: 199 -217.

Dalrymple, R.A., MacMahan J.H., Reniers A.J.H.M.,

- and Nelko, V., 2011. Rip currents, *Annual Review of Fluid Mechanics*, 43:551-81.
- Dankert, H., Horstmann, J., Lehner, S., and Rosenthal, W., 2003. Detection of wave groups in SAR images and radar image sequences, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 41(6): 1437-1446.
- de Silva, A., Mori, I., Dusek, G., Davis, J., and Pang, A., 2021. Automated rip current detection with region based convolutional neural networks, *Coastal Engineering*, 166: 103859.
- Didier, D., Bernatchez, P., Augereau, E., Caulet, C., Dumont, D., Bismuth, E., Cormier, L., Floc'h, F., and Delacourt, C., 2017. LiDAR validation of a video-derived beachface topography on a tidal flat, *Remote Sensing*, 9(8): 826.
- Doong, D.J., Chen, S.T., Chen, Y.C., and Tsai, C.H., 2020. Operational probabilistic forecasting of coastal freak waves by using an artificial neural network, *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(3): 165, doi:10.3390/jmse8030165.
- Doong, D.J., Peng, J.P., and Chen, Y.C., 2018. Development of a warning model for coastal freak wave occurrences using an artificial neural network, *Ocean Engineering*, 169: 270-280.
- Jonkman, S.N., and Penning-Rowsell, E., 2008. Human instability in flood flows, *Journal of the American Water Resources Association*, 44(5): 1208-1218.
- Karvonen, R.A., Hepojoki, A., Huhta, H.K., and Louhio, A., 2000. The use of physical models in dam-break analysis, *RESCDAM Final Report*, Helsinki University of Technology, Helsinki, Finland.
- Kvočka, D., Falconer, R.A., and Bray, M. 2016. Flood hazard assessment for extreme flood events, *Natural Hazards*, 84(3): 1569-1599.
- Lehner, S., Schulz-Stellenfleth, J., and Niedermeier, A., 2002. Detection of extreme waves using synthetic aperture radar images, *Proceedings of the IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, Toronto, Canada, pp.1893-1895.
- Martínez-Gomariz, E., Gómez, M., and Russo, B., 2016. Experimental study of the stability of pedestrians exposed to urban pluvial flooding, *Natural Hazards*, 82(2): 1259-1278.
- Penning-Rowsell, E., Floyd, P., Ramsbottom, D., and Surendran, S., 2005. Estimating injury and loss of life in floods: A deterministic framework, *Natural Hazards*, 36(1-2): 43-64.
- Pugliano, G., Robustelli, U., Di Luccio, D., Mucerino, L., Benassai, G., and Montella, R., 2019. Statistical deviations in shoreline detection obtained with direct and remote observations, *Journal of Marine Science and Engineering*, 7(5): 137.
- Ramsbottom, D. Floyd, P., and Penning-Towsell, E., 2006. Flood risks to people; Phase 2: Project record, FD 2321/PR, Department for Environment Food and Rural Affairs, United Kingdom, p. 166.
- Takahashi, T., Imamura, F., and Shuto, N., 1992. Research on flows and bathymetry variations by tsunami: The Case of Kesen-numa Bay, Japan, due to the 1960 Chilean Tsunami, *Tsunami Engineering Technical Report No.9*, pp. 185-201. (in Japanese).
- Xia, J., Falconer, R.A., Wang, Y., and Xiao, X., 2014. New criterion for the stability of a human body in floodwaters, *Journal of Hydraulic Research*, 52(1): 93-104.



# A Study on the Measurement of Coastal Freak Waves

Ying-Chih Chen<sup>1</sup>    Shu-Ming Wang<sup>1</sup>    Dong-Jiing Doong<sup>2\*</sup>  
Cheng-Han Tsai<sup>3</sup>    Chuen-Teyr Terng<sup>4</sup>

## Abstract

Freak wave is a wave with large wave height generated suddenly. It mostly occurs in the sea, however it also occurs frequently in the coast. Many people drop into sea due to coastal freak wave attacked in Taiwan. In the past, most of the studies on coastal freak waves were carried out with numerical simulations because of lack of field data. This study aims to develop a measurement and analysis method for coastal freak wave. It is based on the image process technique. The proposed image process method derives the shape of the splash trigger by coastal freak water. The flow rate and throw speed of the splash were estimated. The parameter Flood Hazard (FH) was used to identify the coastal freak wave. The verification results show that the accuracy of the identification of the coastal freak wave is more than 80%. The result is also agreed with actual accidents reported in media. In addition, the analysis found that the occurrence of coastal freak waves is not only correlated with incident waves. The wave interaction with structure plays an important role for the generation of coastal freak wave. The measurement method for coastal freak waves developed in this study is helpful for establishment of warning system for coastal freak waves.

**Keywords:** Coastal Freak Wave, Optical Image, Measurement

---

<sup>1</sup> Ph.D. Student, Department of Hydraulic and Ocean Engineering,  
National Cheng Kung University

<sup>2</sup> Professor, Department of Hydraulic and Ocean Engineering,  
National Cheng Kung University

<sup>3</sup> Professor, Department of Marine Environment Informatics, National Taiwan Ocean University

<sup>4</sup> Director, Marine Meteorology Center, Central Weather Bureau

\* Corresponding Author, E-mail: doong@mail.ncku.edu.tw

Received Date: Mar. 01, 2022

Revised Date: Apr. 11, 2022

Accepted Date: May. 02, 2022