

# 實測海岸瘋狗浪特性分析

王敘民<sup>1</sup> 陳盈智<sup>1</sup> 張舒惠<sup>2</sup> 董東璟<sup>1</sup> 蔡政翰<sup>2</sup> 林芳如<sup>3</sup>  
國立成功大學 水利及海洋工程學系<sup>1</sup> 國立臺灣海洋大學 海洋環境資訊系<sup>2</sup>  
交通部中央氣象局 海象測報中心<sup>3</sup>

## 摘要

隨著海岸活動的盛行「瘋狗浪」已成為一個不容忽視的海岸災害現象，瘋狗浪發生機制不明、出現的地點與時間很難事先預測，為避免瘋狗浪事件造成傷亡，中央氣象局針對近20年來最多瘋狗浪事件紀錄的龍洞海岸架設光學攝影機，以連續觀測的方式進行瘋狗浪監測，目的是記錄發生瘋狗浪時形成過程，進一步對瘋狗浪特性有所掌握。本研究提出一套光學影像處理的技術，自動分辨海岸瘋狗浪之浪花邊界，可避免人工判讀既耗時費力，且有主觀判斷的疑慮，分析結果與原影像比對也證實方法之準確性。本研究將浪花案例進行特性分析，包含浪花延時、平均流量和瞬時流通量，並參考前人研究定義當浪花高度大於2公尺和瞬間單位寬度流量大於0.8公尺平方每秒為危險性瘋狗浪的定義。分析2016年6-10月期間影像資料顯示，平均每個月會發生約1~2000件的危險性瘋狗浪，瘋狗浪案例之平均浪花延時約為2秒，最大流量發生之延時為0.8秒。從危險性瘋狗浪案例也發現風向開始為東南風時，案例數量較多的趨勢，此外，從瘋狗浪生成的過程中，瘋狗浪會向岸衝擊亦會向海中掏刷，掏刷現象發生於浪花高度達最大後，其瞬時單位寬度流量亦滿足危險性瘋狗浪之條件。

關鍵字：瘋狗浪、光學影像、流量

## 一、前言

台灣四面環海，海岸災害意外也頻繁發生，其中最常見的就是海岸瘋狗浪，平靜的海面上突如其來一個大浪，由於發生時並沒有任何預兆，難以事先防備，威脅著人員生命財產。在近幾十年來，台灣周遭海域瘋狗浪事件頻傳，人員落海之案例時有耳聞，累積事件有三百多件(中央氣象局，2017)，死傷人數更多達數百之人。

在本研究中對於海岸瘋狗浪之定義，它必定發生於岸邊，然岸邊地形、地貌錯綜複雜，且人員活動亦並不少，若要以目前常見的海底或海面測量儀器進行觀測，雖可用來探討瘋狗浪形成前後之海象特性，但因上述之原因導致在儀器架設方面經常無法直接觀測於海堤或礁岩前，以致於測得之資料並非真正的瘋狗浪。海岸瘋狗浪的機制目前尚不清楚，前人的研究中主要是以統計的方法進行，利用報章媒體的記錄應用資料探勘的技術(蔡等，2014；彭等，2016)，歸納出海岸瘋狗浪好發之條件，並進一步建立瘋狗浪預警系統，目的為提供給相關單位足夠之資訊以提前防範警戒，能降低災害的嚴重性甚至避免災害的發生。然而此預警系統之建立是基於報載事件，若發生瘋狗浪時而無人員受到波及，則將不會有任何紀錄，事件本身也存在著一定程度之不確定性。因此以連續觀測方式，在同一地點進行監測，便能完整地蒐集海岸瘋狗浪案例，若以這些案例進行訓練，預期可大大提升瘋狗浪預警

系統的預警能力。

在海洋觀測方法中，目前較常見的近岸遙測系統包括光學(optics)系統和雷達波(radar)系統，Lehner et al.(2002)、Dankert et al.(2002)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波浪(extreme wave)，但這類的觀測技術無法應用於瘋狗浪監測，因此本研究使用光學攝影機進行海岸瘋狗浪觀測與瘋狗浪影像特性之分析。光學影像資料分析，若以人工方法進行海岸瘋狗浪之判別，既耗時又耗力，此外亦會有人為主觀認定之疑慮。為增加處理的效率，本研究將發展一套自動化辨識技術，應用影像邊界偵測技術等影像處理工具，以全自動化辨識岸邊激起之浪花邊界，計算浪花高度、浪花水量以及浪花流量，彙整相關文獻定義隊人員具危險性之海岸瘋狗浪條件，進而從這些蒐集到之案例進行分析，掌握海岸瘋狗浪之特性。

## 二、分析資料

龍洞地區位於東北角海岸鼻頭角之南方，在行政區上隸屬於新北市貢寮區，是由東北角暨宜蘭海岸國家風景區管理處所管轄。於當地灣岬步道下的磯釣場為長年侵蝕下所形成之海蝕平台，從過去研究統計，此處也是目前台灣發生瘋狗浪海浪最高頻率的地方；中央氣象局於2016年5月建置一套瘋狗浪光學監視系統，攝影機架設於龍洞四季灣為原龍洞管理站之辦

公室屋頂(圖 1)，其監視系統的影像畫素為 200 萬，影像更新視頻率為 24fps(frame per second)。當入射波與礁岩發生交互作用激起巨大的浪花，本研究將利用影像辨識技術，從連續不間斷的影像時序列中(image time sequence)進行分析。中央氣象局在龍洞海域周圍設置海氣象浮標觀測資料，可用於分析瘋狗浪案例發生時之海氣象條件，進一步找出這些瘋狗浪案例與海氣象條件之關聯性。



圖 1 瘋狗浪光學監視站預計設置位置

### 三、研究方法

瘋狗浪光學監視站持續監是龍洞海岸岬頭，可完整記錄波浪與礁石交互作用產生之浪花，本研究已發展一套技術，從影像中分辨出浪花邊界，進一步可計算浪花特性。本研究參考蔡(1999)提到當波破碎或即將破碎時，高度超過岸邊人員之高度，就對人有危險性；蔡(2007)也提到當發生瘋狗浪時，當整天示性波高均大於 1.5 公尺。本研究將根據前人之研究根據現場訪查與過去經驗，將波高大於一個人高時定義為潛在危險性之浪花；此外 Takahashi et al.(1992)海嘯對人衝擊實驗中測試足以將人沖倒的條件，實驗結果當流速為 4m/sec 時，水深為 0.2m，即當時單位寬度流量為 0.8m<sup>2</sup>/sec。本研究挑選此條件作為定義危險性瘋狗浪案例。

#### 3.1 影像辨識分析方法

本研究提出一全自動影像辨識的分析流程，藉由數位影像處理量獲得可用的資訊，用以分析出激浪高度。其為了增加分析效率且又不失真的情況下，選擇每 0.125 秒挑選一張影像進行分析，主要分系步驟為灰階轉化、影像雜訊濾波、影像二值化和波浪參數計算。

影像讀取後為三維矩陣的 RGB 全彩格式，於分析上計算較為困難及繁雜，愈簡化計算過程本研究採取目前影像發展上大多實行的影像灰階化(圖 2)，其轉化公式如下：

$$\text{灰階值} = 0.2989 \times R + 0.5870 \times G + 0.1140 \times B \quad (1)$$

為明顯的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(圖 3)，因此閾值的選擇會影響到浪花辨識清楚與否。本研究測試後發現，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

$$\text{閾值} = R \times \text{參考區最大灰度值} \quad (2)$$

其中調整參數(R)與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。

在影像二值化後，海面偶有雜訊出現，本研究採用均值濾波的方式予以濾除，均值濾波方法首先要定義一視窗大小(windows)，將其範圍內之灰度值取平均，視為正中點格點的新灰度值，以達到濾除雜訊的效果。經實驗測試後，此大小為 15×15 的網格時會有最佳化的結果，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，其計算公式如下：

$$A(i, j) = \frac{\sum_{i-7}^{i+7} \sum_{j-7}^{j+7} A_{ij}}{15 \times 15} \quad (3)$$

攝像機在安裝完成後，由於浪花與背景(礁岩、海面)之灰度值有明顯之落差，固可利用上述二值化方法區分出來，且經靜態律定的方式，並參考平均潮位以定義浪花高度之基準線，找尋適當之比例尺，已得到每一像素代表實際長度為 4 公分，並利用程式判斷浪花存在之最高位置，便可與基準線相做比對已取得其浪花之最大波高。



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節果

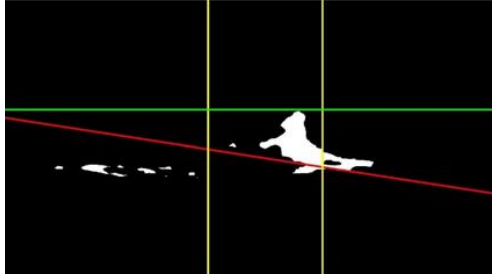


圖 5 激浪高程計算-二值化示意圖

### 3.2 影像結果驗證

為確保前述提出知自動化影像分辨技術，可準確分析波浪拍擊礁岩時激起之浪花，本研究以人工之方式挑選出 186 筆浪高有明顯大於 2 公尺之水花案例，並經由上述程序進行分析，調整參數 R 為灰階筆值比對值，視窗大小以 15×15 進行測試，以此本研究得到此 186 筆當中有 160 筆是被程式認定為波高大於 2 公尺之條件，故此準確率高達 86%，其詳細參數選擇方式以及驗證結果可參考中央氣象局(2016)。

此外為了確保在後續流量計算上準確性，本研究又將隨機挑選八個時間點進行人工邊界之測定，並與影像辨識系統所測定出邊界值進行比對，將兩者之邊界位置相減以獲取高程差的絕對值，並計算其平均誤差，此數值依照下列計算是進行計算：

像素(誤差) =

$$\frac{1}{\text{水花寬度}B} \sum \text{abs}(\text{人工邊界}y_o - \text{程式邊界}y_c) \quad (4)$$

經實驗測試解果，發現其平均誤差均在 1 像素以內，也就代表其實際波高誤差小於 4 公分，此外在於水花邊緣上之水體密度較小(圖 6)，故本研究認為此誤差可省略不計。

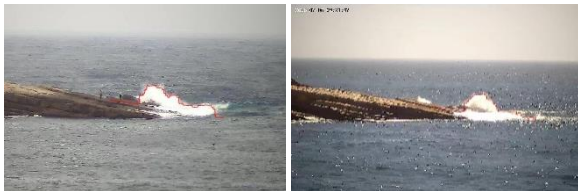


圖 6 水花辨識結果

## 四、案例特性分析

由前一節所提出之分析系統可以自動且準確的

分析影片，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流量和通量，故本研究提出一完整之影像波浪特性分析系統，除了計算水花高度外，也可計算出其他相關之波浪特性。

### 4.1 水花通量及歷時分析

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：其一為質量，在本研究上本研究將其視為流量，其二為速度改變率，所以本研究提出一套由影像中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。

二維影像只有 x 和 y 兩個維度，故在垂直影像上的維度，本研究假設其深度(厚度)相同，並假設影像上的密度相同，故可繪出時間與單位寬度水量之關係圖(圖 7)，其推導出之瞬時單位寬度流量公式為：

$$V_{CFW} = \rho_{\text{splash}} \int_{t_s}^{t_e} \eta(s, t) ds \quad (5)$$

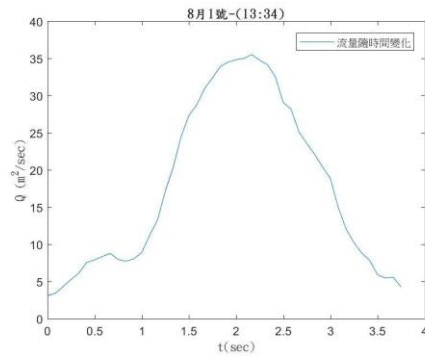


圖 7 影片流量分析與時間關係圖

然而浪花並非完整水體，在此範圍內之浪花仍存在許多的空氣，固本研究在採用浪花密度上經由近距離拍攝浪花影像後，於後續進行影像分析處理(圖 7)，以得到浪花與背景之比值視為本研究所採用之浪花密度  $\rho_{\text{splash}} = 0.1202$ 。



圖 8 浪花密度計算示意圖

此外在於歷時的計算上當水花高於 2m 高為止至低於 2m 高為止視為一個案例的開始與結束，且浪花是否有危險性與水體通量有極大之因素，在單威時間內所過去之水體愈多期造成之能量愈高，故本研究利用上式流量公式，進行微分後處以達至洪峰歷時轉換(圖 9)得單位寬度平均通量：

$$q_0 = \frac{1}{t_{pick}} \int_{t_s}^{t_p} dV_{CFW} dt \quad (6)$$

因此本研究將所得到的單位寬度平均通量大於 Takahashi et al. (1992) 之海嘯對人衝擊實驗所提出之  $0.8\text{m}^2/\text{sec}$  時，為有危險性之瘋狗浪。

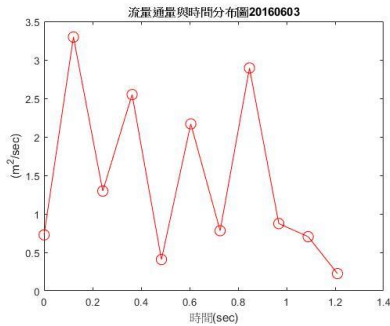


圖 9 單位寬度流量與時間關係圖

#### 4.2 龍洞影像波浪參數分析

本研究挑選分析位置為龍洞一支岬灣的海域，經過去前人研究此地區是台灣近 20 年來發生最多瘋狗浪案例之地方。由於 9 月份當月較多颱風來襲，而瘋狗浪其發生條件是一突如其來的大浪，而颱風天時的大浪是連續不段，故本研究挑選期間為 2016 年的 6、7、8 和 10 月份時非颱風警報期間資料進行分析。

而現今海岸瘋狗浪的觀測系統當中，光學攝影機的監測能完整不監段的記錄。從分析期間獲得之瘋狗浪案例數高達 2 萬 5 千筆，由此可知在無人員位於海岸邊時仍有危險性的瘋狗浪發生，此外本研究將四個月的案例進行比對(圖 10)，發現於 6、7 月份時案例數目相較於 8、10 月較少，即便我們將有颱風支天數以等比例方式家回案例數目仍是相差甚遠，為此本研究認為是合理的由於在 6、7 月份時台灣所面臨的是西南季風，反之在 8-10 月這段期間內不只有颱風的影響，更有一大部分的原因是風向逐漸轉變為東北季風，而波浪有一部分的成因起源於風，故當風向增強時，其波浪能量也會有所增長，故更易產生有危險性之瘋狗浪。

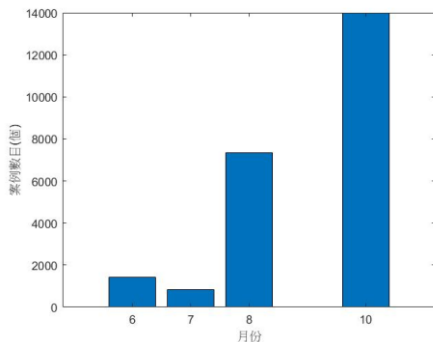


圖 10 每月危險性瘋狗浪案例數目

本研究將所有波高以及通量繪製成分布圖(圖 11)，發現其大部分的發生危險性瘋狗浪時並非發生在定義值上，而是比定義值高一點點，且平均波高約為 4.37

公尺，平均通量為  $1.41\text{m}^2/\text{sec}$ ，此外瘋狗浪案例發生歷時約為 3.5 秒，當瘋狗浪發生後其發展至最高洪峰量，所需時間極短，僅需 0.8 秒左右。

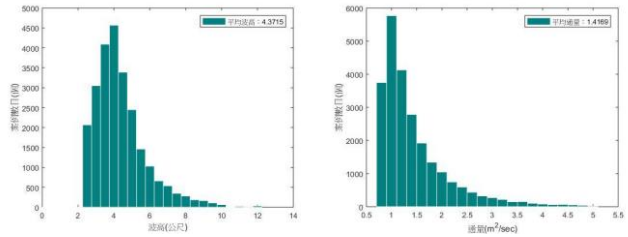


圖 11 瘋狗浪波浪參數分布圖(左、波高，右、通量)

#### 4.3 龍洞影像圖示分析

對於浪花運動之情形也是一個十分重要的考慮項目，經由全自動畫影像分析系統進行分析後，能夠精準的計算波高和流量通量，對於力學上已經是有足夠的理論依據，當確實有上述支情況時確實能導致人員安全的危害，但在於運動的情形上，目前有大部分之浪花衝擊至交延後，其浪花並無像前進之趨勢，居大部分屬於向或向後衝擊(圖 12)。

此外，於氣象狀況不佳時，易產生大流量的情況，使礁岩上佈滿浪花(圖 13)，故在進行波高計算時，因而會無地形之基準導致誤判，亦有可能發生浪花不斷拍打上礁岩，出現超過兩三分鐘的浪花案例，無法區分各別瘋狗浪案例。根據過去龍洞海與長時間撥浪統計結果，其平均週期為 6 秒，因此超過此時間間隔之案例，接為不合理之情況，故本研究在於進行上先行跳過此類型以做較常會發生人員傷亡之瘋狗浪案例進行計算分析。



圖 12 無向前衝擊之浪花示意圖

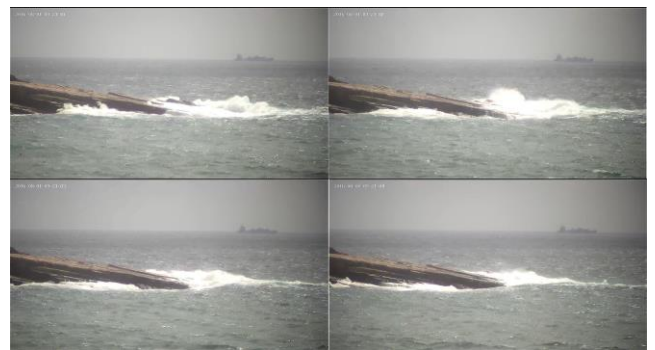


圖 13 無法消退之浪花示意圖

## 五、結論

瘋狗浪事件的發生是海岸活動人員的最大陰影，但是瘋狗浪案例的蒐集在以前僅由報章雜誌上所獲取，在如此資源不足的情況下，非常不容易的得到瘋狗浪發生機制，和發生時的波浪參數。因此本研究利用影像處理等方法，建置一套瘋狗浪光學影像辨識系統，將可大量且連續的蒐集瘋狗浪案例，且進一步根據前人研究所提出之條件，已得到有危險性之案例，並且利用影像上的資訊已獲去瘋狗浪參數，平均波高維 4.37 公尺，平均通量為  $1.14\text{m}^2/\text{sec}$ ，更發現瘋狗浪發生後，僅須用極短的時間即可達到最高洪流，故在短時間內造成高流量的情況，是相當危險的。最後，本研究認為對於瘋狗浪運動情形，也將是影響浪花危險性的原因之一，故在後續研究上會朝此方面多做深入，以減少瘋狗浪發生時所造成之危機。

## 謝誌

本論文係中央氣象局研究計畫「異常海象機率預警研究與作業試用(3/4)」研究成果，承蒙中央氣象局經費之補助使本研究得以順利完成，謹致謝忱。

## 參考文獻

- 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”，第三十七屆海岸工程研討會，弘光科技大學，第 555 到 560 頁
- 陳盈智、董東璟、蔡政翰、蔡仁智、滕春慈，2014，“海洋中異常波浪的非線性-BFI 指數分析”，第三十六屆海岸工程研討會，國立臺灣海洋大學，第 131 到 134 頁
- 蔡政翰、蔡仁智、董東璟，“科學月刊:危險的海岸波浪-瘋狗浪”，科學月刊第 564 期
- 張振洋，2006，“基隆外海三連波與異常波浪探討”，國立台灣海洋大學碩士論文
- 余蘭玉，2011，“以 MIKE21-BW 波浪模式探討龍洞磯釣場之波浪與危險地點”，國立台灣海洋大學碩士論文
- 劉俊志，2006，“近岸突浪的分析探討”，國立中山大學海洋物理研究所碩士論文
- 黃楣琇，2008，“以布斯尼克波浪模式探討和平島磯釣點之安全性”，國立台灣海洋大學碩士論文
- Tsai, C. H., Su, M. Y., & Huang, S. J. (2004). Observations and conditions for occurrence of dangerous coastal waves. *Ocean engineering*, 31(5-6), 745-760.
- Huang, M. C., Tsai, C. H. (2008) Pressure transfer function in time and time-frequency domains. *Ocean Engineering*, 35(11-12), 1203-1210.