

## CCD 遙測波浪適用於現場觀測研究(室內 實驗水槽量測)

翁文凱<sup>1</sup> 周宗仁<sup>2</sup> 石瑞祥<sup>3</sup> 黃恩得<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 台灣海洋大學河海工程學系副教授

<sup>2</sup> 台灣海洋大學河海工程學系教授

<sup>3</sup> 東南科技大學營建科技系副教授

<sup>4</sup> 台灣海洋大學河海工程學系碩士班研究生

### 摘要

本文係用電荷耦合元件影像攝影機 (CCD, Charge-coupled Device) 於海洋綜合實驗館平面水槽進行大水域波高分佈實驗, 以隨機抽 4 點的方式對影像灰階振幅與波高計陣列作回歸, 並藉此將影像灰階振幅轉成實際波高, 得波場變化, 利用此方式將可大幅減少人力與物力的損失, 唯回歸的精度問題有待解決。

關鍵詞: 遙測、波浪、灰階。

## CCD remote sensing applied to field observations of wave(Measurement in laboratory basin)

Wen-Kai Weng\* Chung-Run Chou Ruey-Syan Shih En-Te Huang

\* Associate Professors Department of harbor and River Engineering, National Taiwan Ocean University

### ABSTRACT

The main purpose of this study is simultaneously to wave data in a larger water area, and a series of experiments were carried out in the wave basin for this aim. Charge-coupled Device camera is applied to get image messages on the water surface during experiment proceeding, and those grays will be calibrated with those getting from wave gauges. It is rather unfortunate that results of CCD images are still not so good after comparing with those of wave gauges, and is believed that the differences are induced during calibration between data of image and those of wave gauges.

Keywords: remote measurement; gray; wave.

### 一、前言

隨著遙感測量技術的發展, 其具有即時性、全面性以及機動性等許多優點, 讓許多海洋波浪學者開始研究, 是否在波浪觀測這塊領域能有所幫助。

一般波浪觀測可分為直接觀測與間接觀測兩種, 前者係儀器直接與水接觸, 以點的方式獲得物理量, 如波高計、波壓計與流速計等; 後者則不與水直接碰觸, 以隔空方式量測, 測得結果須經轉換才可得其物理量, 如照相機、攝影機與雷達。

因量測精度關係, 目前波浪觀測幾乎以直接觀測為主流, 在實驗室量測波浪時, 需架設數十根波高計, 不只要率定, 為了解整個波場變化, 還需數次移動, 既耗時又費力, 也增加波高計碰撞的風險, 而且實驗中依比例縮小的波浪, 可能受波高計的支架影響, 導致波場發生變化。

相對於傳統觀測波浪方式, 遙感測量的特點是, 可以一次截取大範圍資料, 以面的方式來描述波場變化, 不需以固定點量測, 在岸上就可執行, 也不必數次搬運, 減少人力使用, 可提升機動性與

便利性。只要能解決精度上的問題，相信遙感測量在波浪觀測上能帶來一些幫助。

本研究利用 CCD 影像分析新月形潛堤附近的波高分佈，並與利用波高計陣列量測的波高分佈比較，發現兩者趨勢相近，CCD 影像分析結果解析度較高，而且能明確指出碎波位置，但影像分析所得波高分佈的絕對值，由於波高計量測所得波高值與影像分析所得灰階波高值間的轉換函數的誤差導致結果未盡良好，還有改善空間。

## 二、前人研究

從打火石到瓦斯爐、馬車到汽車、弓箭至飛彈，在時代不斷進步下，有許多的新科技逐漸被開發，人們也開始研究，如何更有效率的使用這些工具。遙測影像的發展，要從相機起源說起，1839 年法國畫家 Daguerre 公佈了他的發明，第一台照相機就此誕生。經過一個世紀，已有相當的技術，原本設計只是讓遊客輕易且逼真的記錄他們的旅行，但有另一群人，卻應用它來觀測海象，較早期有學者 Cox 和 Munk(1954)在航空器上以空中攝影的方式，拍攝海面太陽反光，利用光學觀點分析海面波浪；爾後也不斷有人用影像、相片觀測海面，Horikawa 等(1988)用兩部相機分別於不同航空器上同步拍攝，製成立體相片分析能譜，計算波長及波向；近幾年，Wanek 和 Wu(2006)更提出一種新方法，係用三台攝影機建構出立體海況，可精確的獲得波場資訊；郭(2009)則應用 CCD 在戶外斷面水槽拍攝一系列波浪影像，並分析連續水位變化資料，探討不同俯視攝影角度對波浪水位偵測的影響；蕭、陳、莊、黃(2009)利用可轉式攝影機觀察台灣西子灣海域，經正射處理、重疊得岸線變化與波浪資訊；另外黃(2003)在實驗室內利用攝影機拍攝，對規則波、單方向不規則波對固定點分析，確定影像灰階變化經轉換後，可用來推估波高，本文延用其做法，以整個水域的波高分佈分析。

## 三、實驗配置及實驗步驟

如圖 1 所示，蛇形平面造波機配置於水槽上方，新月形潛堤配置於水槽中央，CCD 攝影機配置於水槽右側離水槽底部高 7.8m 處。

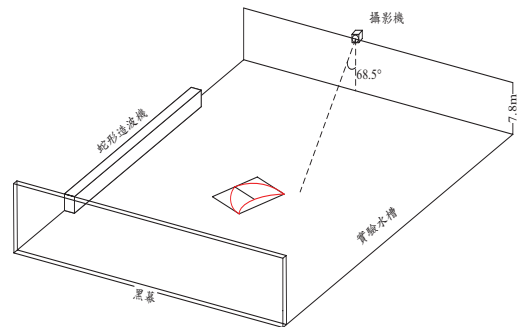
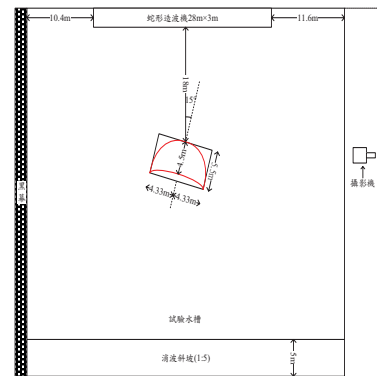


圖 1 實驗水槽平面示意圖

為避免屋頂鋼架倒映於水面所引起影響波浪頻率變化的不良因素，本實驗室配置如照片 1 所示黑色布幕，同時為避免屋外太陽光或其他光源射入水槽，因此本實驗館所有外窗均塗上黑色油漆，以便白天亦能進行實驗，但依我們的經驗，在夜間除水槽右側作為光源的投射燈開燈外，將其他不必要的光源關掉會得到較好的燈光效果。



照片 1 水槽上方及左側方配置黑幕

利用 CCD 影像分析波浪特性的步驟如下。

1. 量測區域及物件正射處理。
2. 量測範圍波高分析及波高分佈圖正射處理。

3. 推算實際波高值與影像灰階波高值間的轉換函數。

4. 影像灰階波高值轉換成實際波高值

1. 影像正射處理

首先必須在水槽無水狀態只有欲量測物件時，攝取影像如照片 2，將照片 2 作正射處理得如照片 3 所示正射影像，詳細正射處理過程請參考(石、翁、周、官，2010)。



照片 2 新月形潛堤位置圖



照片 3 正射處理後新月形潛堤位置圖

2. 影像灰階波高值分析

將 CCD 攝影機攝得量測範圍的波高連續影像以 AVI 檔存檔，如照片 4 為其靜止畫面圖。



照片 4 影像靜止畫面

欲分析量側區域內各點（畫素）的灰階波高代表值時，首先對某特定畫素（pixel），取其灰階變化的時間序列並作平滑化工作並扣去平均值(黃，2002)，可得如圖 2 的灰階波高時間序列。

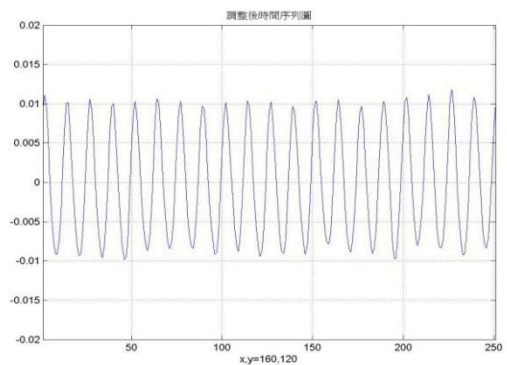


圖 2 平滑化後灰階波高時間序列

本圖為周期  $T=1.5$  秒入射波高 6.6cm 的規則波結果，對不規則波亦可以同樣方法取得不規則波作用時的灰階時間序列。

此時有二種方法分析各畫素的灰階代表值，其一是利用零上切法求出灰階波高時間序列的有義灰階波高值，灰階平均值等，其二為利用頻率譜分析求得影像灰階波高的特性。

本研究採用零上切法取得有義灰階波高值，繪製等灰階波高分佈如圖 3。

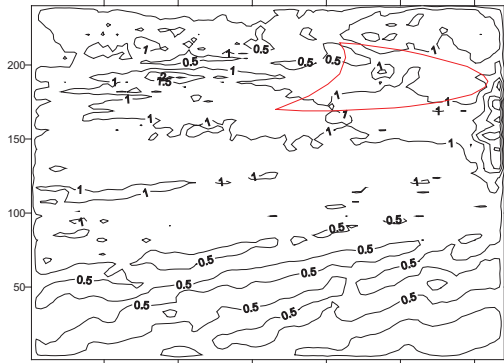


圖 3 正射處理前等灰階波高分佈

本等灰階波高分佈圖為未執行正射處理前的分佈圖，因攝影機未設置於正上方，各點座標不是實際真正座標，必須做正射處理而得如圖 4 所示正射處理後的等灰階波高分佈圖。

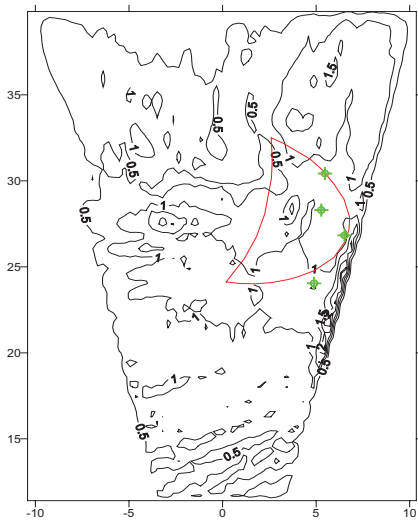


圖 4 正射處理後等灰階波高分佈

### 3. 轉換函數的推算

為求得影像灰階波高值對應表示多少實際波高值，一般必須在量測區域內任意選定數個波高計，通常(4~6)支即可。

本研究選定如圖 4 所示 4 個測站，採用 12 種不同條件的規則波，每種造波條件取 4 個轉換測定點共 48 個數據進行分析回歸得如圖 5 所示回歸分析。

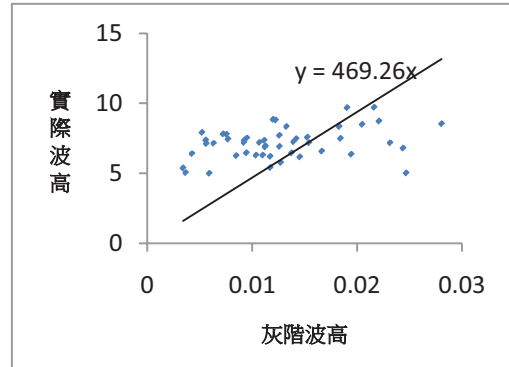


圖 5 規則波的迴歸分析

波高  $H$  與影像灰階波高  $H_{gray}$  間的轉換公式如下式

$$H=469.26 \cdot H_{gray} \quad (1)$$

### 4. 影像灰階波高值轉換成實際波高值

將前述所得影像等灰階分佈圖乘以轉換係數後除以實際入射波高可得實際的無因次高波高分佈圖。

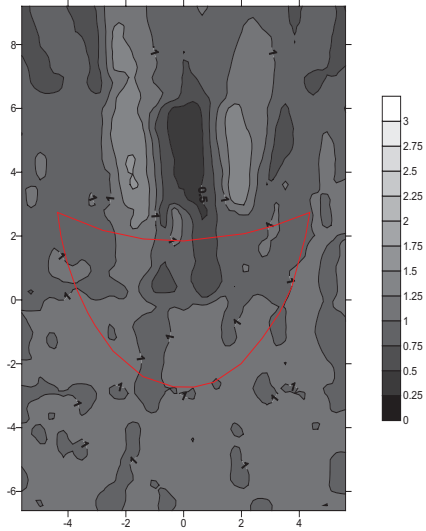
## 四、結果討論

針對新月形潛堤作者之一(翁、胡、蕭，2010)以波高計陣列進行波高分佈量測，其造波條件如表 1 所示。

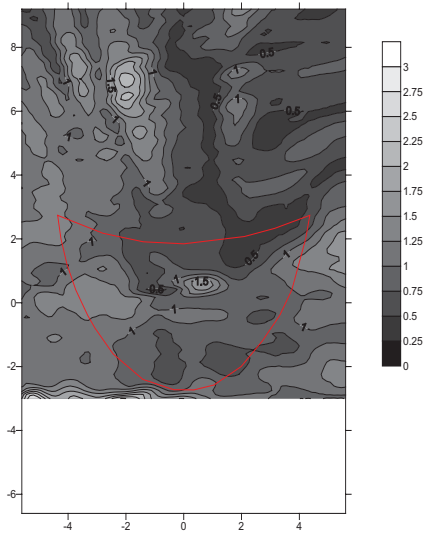
表 1 規則波造波條件

入射角(度)	規則波	
	週期 (sec)	波高 (cm)
0	0.75	6.6
	1	8.7
	1.25	6.8
	1.5	6.8
15	0.75	6.3
	1	6.8
	1.25	6.6
30	1.5	5.5
	0.75	7.6
	1	7.8
	1.25	7.5
	1.5	5.8

進行波高計量測時，同時以 CCD 攝影機攝得造波紀錄，依上述步驟分析出等波高分佈圖，圖 6~7 為  $\theta=0^\circ$ 、 $T=0.75$  及  $1.5$  秒的結果，(a)圖為波高計測得等波高分佈，(b)圖為影像分析所得結果。

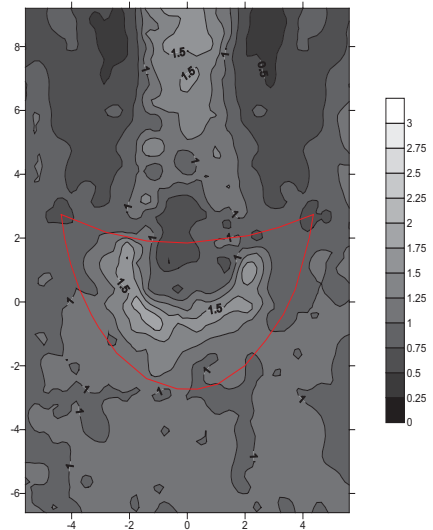


(a) 波高計

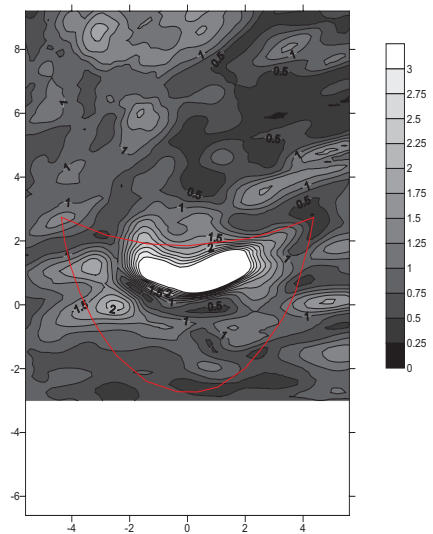


(b) 影像分析

圖 6  $T=0.75s$   $H=6.6cm$   $\theta=0^\circ$



(a) 波高計



(b) 影像分析

圖 7  $T=1.5s$   $H=6.8cm$   $\theta=0^\circ$

由於本次造波波高較大，在新月形潛堤上方會產生碎波(如照片 4 所示)，利用波高計量測時波高計無法正確量測碎波處的波高，用影像分析時因碎波處灰階值變大，能在等分佈圖顯示出碎波位置，但灰階值超過多少灰階值時表示臨界碎波，尚待爾

後進一步研究。

本次波高陣列的間隔為 35cm\*40cm，而影像分析每個畫素表示最大 29cm\*6cm 最小 12cm\*4cm，即影像分析的解析度優於波高計，但波高的絕對值受轉換係數的精度左右，如何提升轉換係數的精度為今後研究課題。

## 五、結論

1. 由於 CCD 影像每個畫素表示範圍隨量測區域大小而異，本實驗畫素代表間距遠小於波高計陣列，故影像分析波高分佈的解析度優於波高計陣列，可得詳細的波高分佈。

2. 在平面水槽進行波高分佈實驗例如港內遮蔽效果實驗，因量測範圍達 20m\*30m 左右，即使使用 30 根波高計，因必須移動波高計多少，通常需 7 個工作天左右才能完成一個造波條件，然利用影像分析只需 10 分鐘即可一次完成，在時間及人力上影像分析有絕對優勢。

3. 利用影像分析，可偵測出碎波位置，但臨界碎波的灰階波高值為多少，有待進一步研究。

4. 本研究發現，影像分析所得灰階波高值，經轉換函數轉換後，與波高計陣列所得結果比較，發現趨勢相近但質方面有待未來繼續積極改善，若能得非常精準的轉換函數，未來影像分析取代波高計的希望，指日可待。

## 參考文獻

1. 黃偉柏(2002)離岸堤對波場特性影響之研究，臺灣海洋大學河海工程學系博士論文。
2. 郭晉安(2009)波浪水槽數位影像水位監測分析技術，台灣成功大學水利及海洋工程研究所博士論文。
3. 蕭毓宏、陳雪子、莊舜欽、黃明志(2009)「可轉向控制攝影機在海岸影像研究」，第 31 屆海洋工程研討會論文集，第 745-750 頁。
4. 石瑞祥、翁文凱、周宗仁、官昭純(2010)「CCD 遙測波浪適用於現場觀測研究(量測區域正射處理)」，第 32 屆海洋工程研討會論文集。
5. Chou, C.R., Yim, J.Z., Huang, W.P. (2004) "Determining the hydrographic parameters of the water surface from image sequences of CCD

camera," *Experiments in fluid.*, Vol. 36, pp. 515-527.

6. Cox, C.S., Munk, W.H. (1954) "Statistics of the sea surface derived from sun glitter," *J.Mar.Res.*, Vol. 13,pp. 198-227.
7. Horikawa, K. (1988) *Nearshore dynamics and coastal processes*, University of Tokyo press, pp. 399-401.
8. Wanek, J.M. and Wu, C.H. (2006) "Automated trinocular stereo imaging system for three-dimensional surface wave measurements," *Ocean Engineering*, Vol. 33(5-6),pp. 723-747.