

儀器科技研究中心期末成果報告

災害預警儀器與系統技術發展

計畫主持人：廖泰杉

報告日期：中華民國 103 年 01 月 15 日

目錄

一、	計畫目的.....	3
二、	工作項目.....	3
三、	具體成果.....	3
3.1	河川水面流速影像觀測技術.....	3
3.2	利用聲波流速儀推估流速剖面與流量校驗.....	9
3.3	以微波雷達建立表面流速推估計算.....	11
3.4	開發有關洪水與橋梁橋墩有關特用或耐侯型電子組件與模組次系統.....	13
四、	結語.....	23

一、 計畫目的

台灣颱風災害大多因持續性豪雨所導致，故颱風災害預警應變作業效能提升是相當重要的。因此，儀科中心配合颱風洪水中心等中心研發能量，共同針對洪水災害議題進行災害預警儀器與系統技術發展，預期整體計畫可形成一跨領域模式整合開發適合台灣地理地區水文儀器技術基礎能量，並有利於未來颱風洪水災害之預警儀器技術發展研究環境。

二、 工作項目

儀科中心之災害預警儀器與系統技術發展計畫中，102 年工作項目主要為四項，其分別如下：

- (1) 河川水面流速影像觀測技術
- (2) 利用聲波流速儀推估流速剖面與流量校驗
- (3) 以微波雷達建立表面流速推估計算
- (4) 開發有關洪水與橋梁橋墩有關特用或耐侯型電子組件與模組次系統

三、 具體成果

將分別針對各項成果簡介如下：

3.1 河川水面流速影像觀測技術

在水文觀測上，河川流量為重要水文資訊。目前河川流量量測主要根據水位及流量之率定曲線，但此法應用於河川大流量時，所得量測數據不可信賴，為解決高流量關測之不確定性，許多新量測方法應運而生，其中非接觸式量測法是目目前廣為採行的方法之一。以非接觸式儀器觀測颱風洪流量時，可避免施測設備遭高速洪流拖曳，確保施測人員安全，並可防止儀器因接觸流體而損壞。一旦獲取河川流速資料後，即可搭配數值模型，計算河川流量。因此本計畫便透過大尺度質點影像測速法(Particle image velocimetry, PIV)作為河川水面流速影像觀測技術。

首先，PIV 法必須取得良好之影像資訊，包含：影像清晰度高、影像取樣頻率高、及水面有良好的偵測質點等。本計畫使用一台可擷取到高影像品質之相機 Canon 7D，將有助於降低質點影像測速法開發所面臨之難度。Canon 7D 能擷取最高影像畫素為 1920 x 1080 (30 fps) 或 1280 x 720 (60 fps)，表 1 為 Canon EOS 7D 之簡略規格參數。在程式測試階段，為了使 PIV 程式測試更有效率，利用 Blender 將現場河流影片快速剪裁出主要的測試段落，並輸出成影片或多張圖片，但其輸出格式無法為 Visual Studio 2010 OpenCV C++ 所支援，故利用 WinX Video Converter 轉換成可支援之格式。

表 1、Canon EOS 7D 簡略規格參數

類別	詳細規格
影像感測器尺寸	22.3x14.9mm
影像感測器類型	CMOS 影像感測器
有效畫素	約 1800 萬畫素
白平衡	自動、預設、使用者自定、色溫(2500~10000K)
降低雜訊	可應用於長時間曝光和高 ISO 感光度拍攝
自動對焦	TTL 輔助影像重合，相位檢測
工作範圍	EV-0.5 - 18 (23°C、ISO 100)
測光模式	63 區 TTL 全開光圈測光
曝光控制	程式自動曝光、快門先決自動曝光、光圈先決自動曝光、手動曝光、B 快門
ISO 感光度	全自動、P/Tv/Av/M/B： ISO 100 – 6400 等
影像壓縮方式	MPEG-4 AVC 可變(平均)位元率方式
影片類型	MOV (視頻：H.264、音頻：線性 PCM)
記錄尺寸/速率	1920x1080：30/25/24 (格/秒) 1280x720：60/50(格/秒) 640x480：60/50(格/秒)
檔案尺寸	1920x1080：約 330MB/分鐘 1280x720：約 330MB/分鐘 640x480：約 165MB/分鐘
連續攝影時間	1920x1080：約 12 分鐘 1280x720：約 12 分鐘

	640x480：約 24 分鐘
測光方式	評價測光與中央加權(重點)平均測光
測光範圍	EV0 - 20 (23°C、ISO 100)
曝光控制	影片攝影用之程式 AE(可曝光補償)、手動曝光
曝光補償	±3 級，以 1/3 或 1/2 級增減
ISO 設定	ISO 100-6400 自動設定，可擴大至 12800
收錄聲音	內藏單音麥克風，提供外部立體聲麥克風端子
電池拍攝能力(基於 CIPA 測試標準)	取景器拍攝：23°C 時約 800 張、0°C 時約 750 張 即時顯示拍攝：23°C 時約 220 張、0°C 時約 210 張
影片拍攝時間	23°C 時約 1 小時 20 分鐘、0°C 時 1 小時 10 分鐘

實際測試時，影像成功擷取後，若影像品質較差則可利用區域性影像直方圖均衡法(Local Histogram Equalization)讓水流區域對比增加，若使用非量測型相機且施測之河流範圍位於影像之邊緣，則扭曲程度影響流速大，則需透過相機之鏡頭率定作業，增加影像量測精度。此外，影像並未能提供尺度資訊，影像上每一像素在現地距離都並不相同，故利用在現地設置參考點的方式將影像尺度標示出來，並利用正交轉換的方式，使正交轉換後之影像，每一像素之實際距離相同。本計畫使用直接線性轉換(Direct Linear Transform)，此方式是計算影像投影於現地之轉換過程， u 與 v 為影像畫素位置， x 與 y 為實際座標位置，以下方程式是假設水位不變，以在水面上四個參考點定出轉換矩陣，若考慮水位變化，轉換矩陣需要增加 z 軸高程資訊，參考點則需要增加為六個點；

$$u = \frac{L_1x + L_2y + L_3}{L_7x + L_8y + 1}, v = \frac{L_4x + L_5y + L_6}{L_7x + L_8y + 1} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} x & y & 1 & 0 & 0 & 0 & -ux & -uy \\ 0 & 0 & 0 & x & y & 1 & -vx & -vy \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L_1 \\ \vdots \\ L_3 \\ \vdots \\ L_6 \\ \vdots \\ L_8 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\begin{bmatrix} L_1 - uL_7 & L_2 - uL_8 \\ L_4 - vL_7 & L_5 - vL_8 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_3 - u \\ L_6 - v \end{bmatrix} \quad (3)$$

質點影像測速法原理是利用 FFT-互相關係數計算方法，如下式：

$$\phi_{fg}(m,n) = \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N f(x,y)g(x+m,y+n) \quad (4)$$

式中， $\phi_{fg}(m',n')$ 代表最大值的位置，即時間 t 的特徵於時間 $(t+\Delta t)$ 的位置，如圖 1 所示； $f(x,y)$ 為時間 t 的像素值； $g(x,y)$ 為時間 $(t+\Delta t)$ 的像素值。

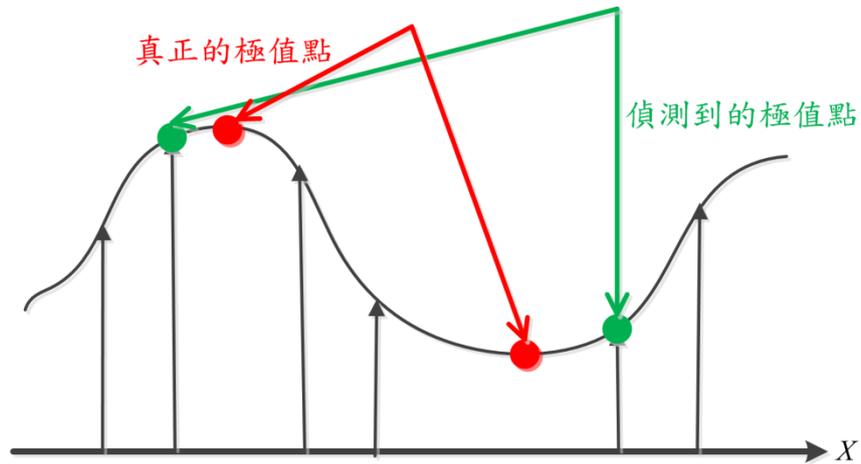


圖 1、離散空間與連續空間極值點的差別

利用 PIV 方法計算出流場後，可將每區塊所計算出的速度向量搭配區塊原點，就可繪製流場，因為流場向量已彙整，因此繪製流場時可搭配不同箭頭繪製函式，顯示出適當流場圖。在計畫初期，是以宜蘭中山橋為架設觀測儀器之地點，但在經過第一次場勘後發現觀測點選擇相當重要，選擇之觀測點必須要達到幾個基本條件：

(a)若需測量不同水位之表面流速，則影像範圍必須包含不同高層六個以上的參考點，且此六個以上的參考點須能夠測得其相對位置；

(b)若只需測量同水位之表面流速，則影像範圍只要能包含水位面上，四個以上的參考點，且可測得其位置；

(c)攝影方向以看清楚表面波紋為主。

綜觀以上條件，宜蘭河中山橋對於演算法開發有其不便之處，故演算法發展初期於石門大圳進行量測與實驗。因為石門大圳屬於人工渠道，渠道形狀固定，流況穩定，流速由上游至下游遞減，且在石門大圳上游至下游六個觀測點架設攝影機，及標定參考點；石門大圳水流分析結果如圖 2 所示，測量結果彙整於表 2。結果顯示，石門大圳現場測得水流中間流速為 1.76 m/s，而由 PIV 演算法分析出的最高與最低流速分別為 0 m/s 與 1.92 m/s，其平均流速為 1.2 m/s，與實際測得之差為 30%，其原因可能為未將流速邊差大之數值剔除所導致。

表 2、石門大圳測量數據彙整

測站	座標	座標	溫度 °C	濕度 %	雷達波流速 m/s	平均風速 m/s
第一號隧道	274409	2746623	31.7	48	1.73	1.6
三坑段鐵馬道上	274659	2748540	32.9	48	1.20	N/A
三坑段鐵馬道下	274714	2748634	33.6	49	0.99	2.1
石門三號渡槽	275390	2755404	29.4	56	0.89	3.2
社子支渠下游段	275148	2755390	28.5	56	0.98	3.5
社子支渠上游段	273966	2757216	32.5	45	0.42	2.2

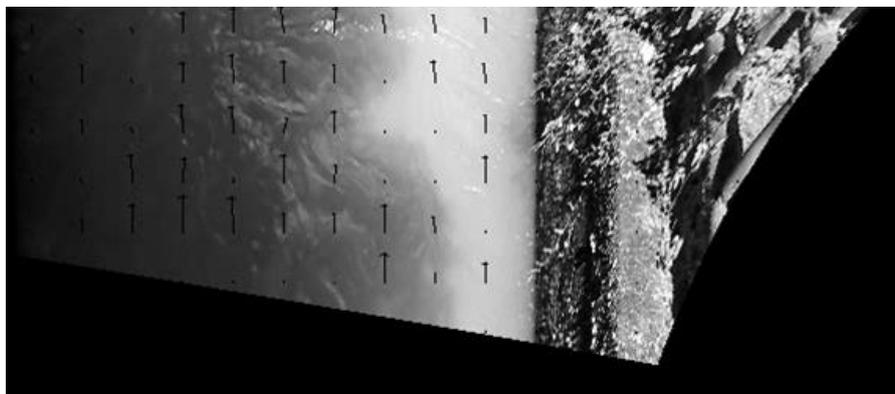


圖 2、石門大圳水流分析結果

另外，本計畫亦於宜蘭河員山大橋河床進行河面四點參考點標定，以測試 PIV，圖 3 及圖 4。宜蘭員山大橋當天雷達波測速器測得之數值為 0.7 m/s 左右，但由影像分析所得之數據除了有少數速度較大之訊號，流速幾乎為零，判斷其原因可能是水面無明顯波紋可觀測；另一原因為雨水波紋導致影像出現不同方向之訊號。宜蘭河水流量少時，水面平緩如鏡面，反射光強，造成鏡頭內部鏡片間漫反射，影響影像品質，未來將於取像數據時，加裝偏光鏡，以強化特徵點，利於 PIV 演算。

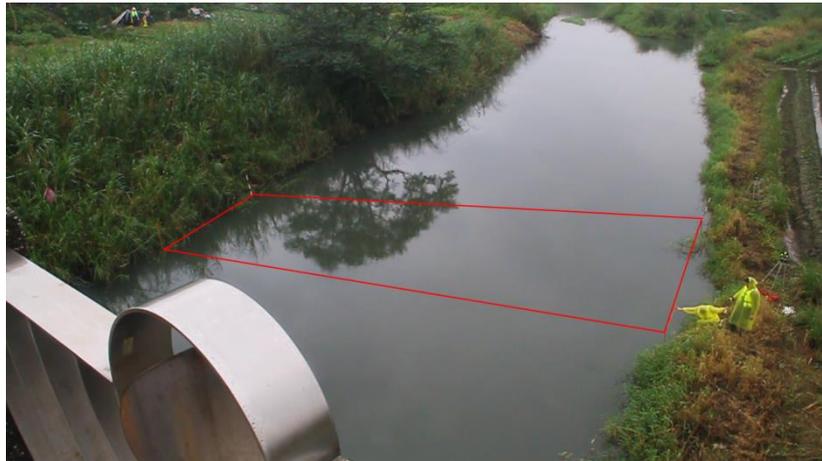


圖 3、宜蘭河員山大橋河流施測範圍



圖 4、宜蘭河員山大橋影像分析結果

3.2 利用聲波流速儀推估流速剖面與流量校驗

利用聲波都卜勒流速剖面儀量測流速剖面與流量計算，觀測地點選擇在宜蘭河流域之中山橋。由於聲波都卜勒流速剖面儀係利用水下聲波發射與接收特性，量測河川中之反射回波訊號，再利用都卜勒效應原理計算水流速度，最終便能獲得水流速度、河川深度以及河川斷面資訊。本研究使用之聲波都卜勒流速剖面儀之可量測最大流速為 20 m/s，可量測水深範圍為 0.2 ~ 80 m。

圖 5 顯示為其中一次量測事件中所得資料，聲波都卜勒流速剖面儀便是透過其斷面資料進行推估與運算。表 3 顯示為 2013 年颱風前後聲波都卜勒流速剖面儀不同時間點所測得之流量、水位與斷面積等資訊，透過斷面量測資料進而推估並計算平均流速；從量測結果可發現颱風前後水位雖僅有微幅上升，但整體流量卻大幅增加，雖然量測次數與結果仍無法建立有效明確之平均流速/表面流速比與水深動態關係，但透過實際量測可直接取得量測位置之水文與地理特性，降低透過引用文獻結果資料所造成之誤差。儘管如此，透過數次單一事件仍不足以完整反應量測站點水文及地理特性，未來將持續配合颱風洪水研究中心進行不同流量事件之聲波都卜勒流速剖面儀量測作業，以期建立完整之動態流速比。

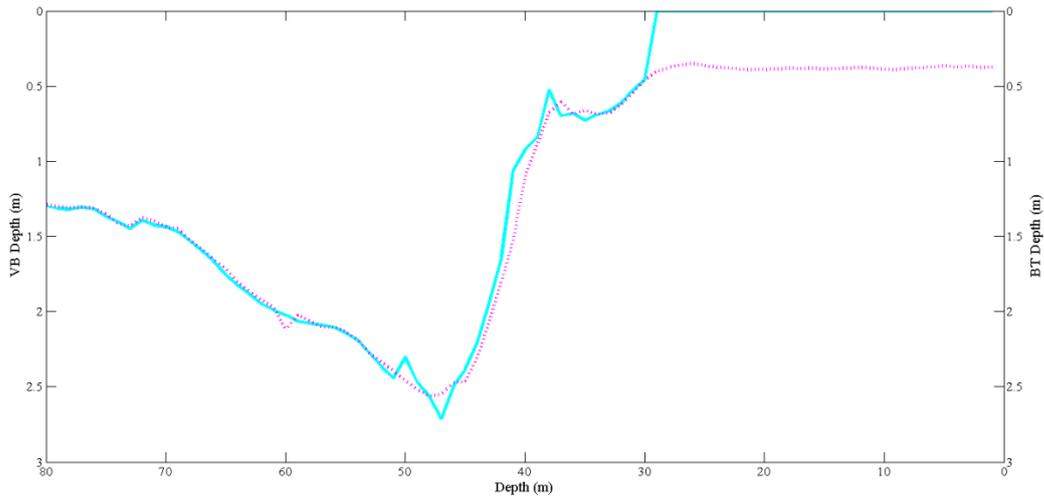


圖 5、聲波都卜勒流速剖面儀量測過程

表 3、應用聲波都卜勒流速剖面儀之颱風前後量測結果

2013 颱風前量測				
時間項次	1	2	3	4
流量(m ³ /s)	4.54	5.34	5.95	6.05
水位 (m)	3.99	4.04	4.09	4.125
斷面積 (m ²)	57.2	51.8	54.4	55.5
平均流速 (m/s)	0.079	0.103	0.109	0.109
2013 颱風後量測				
流量(m ³ /s)	20.04	20.26	19.56	19.83
水位 (m)	4.64	4.62	4.62	4.63
斷面積 (m ²)	77.8	79.2	79.2	80.3
平均流速 (m/s)	0.258	0.256	0.248	0.247

3.3 以微波雷達建立表面流速推估計算

研究中除採用聲波都卜勒流速剖面儀與河川水面流速影像觀測技術外，還透過微波雷達表面流速儀進行流速量測。透過架設於河道兩側之微波雷達表面流速儀，收集河道兩側之表面流速，藉此可改善河面流場寬廣情形。取得之兩側表面流速，再通過算數平均方式，推估出河道表面平均流速。由於偶有環境干擾造成資料異常，故透過資料篩選模式將異常資料濾除，以減少後續流量估計誤差。此外，除透過平均表面流速與通水斷面積推估河川流量外，亦透過演算分析表面流速、水位與流量間之相關性，以期能增加流量推估之準確性。

流量計算主要是透過平均流速與通水斷面積相乘而得，但平均流速在實務上不易取得，所以多半採用表面流速測定來推估河川的平均流速。表面流速是透過微波雷達流速儀所測得，搭配給定之平均流速(U)與表面流速比值(平均-表面流速比 $\alpha = U / u_s$)，即可推估當時流場之平均流速。此外，為取得更精確之流量數據，本研究重新定義流量計算公式為表面流速乘上平均-表面流速比與斷面積($Q = u_s * \alpha * A$)。此種方法雖然計算上較為方便，但是也因為忽略了床面粗糙、橫向斷面位置之相對水深與垂向速度分布等問題，會造成很大的平均流速估計誤差。本研究同時收集兩表面流速如圖 6 所示，由兩者之間的關係重新定義該河段之平均流速與表面流速比，約為 0.65。

另外，圖 7 顯示兩側流速與流量之間存在有不同程度的相關性，甚至在高低流速下也有不同程度的相關係數。在低流速下，表面流速與流量間存在較高的相關程度；反之，在一定程度的流速以上，相關程度會下降至另外一個固定值，此種現象在流速較高的一側更加的明顯。從另外一個觀點來看，當觀察表面之幾何平均流速與平均流量的關係時，也可發現相同的情況。頻率響應是一種常見的頻域分析工具，從頻率的觀點來觀察兩表面流速訊號，如圖 8 所示，透過採用動態平均方法凸顯頻率特徵，可知兩者在 0.2 ~ 0.5 Hz 有相近頻率成分組成，但是低頻部份，則受到不同流場的影響，有其獨特頻率成分組成。

透過微波雷達流速儀所測得之表面流速及聲波都卜勒流速剖面儀提供的流量計算參數，進而所推估流量與聲波都卜勒流速剖面儀實際量測取得流量有所差距，兩者所推估或量測之流量皆無法完整反應量測站點之特性，故未來將持續進行不同量測事件，以期建立完整之站點流量趨勢圖。

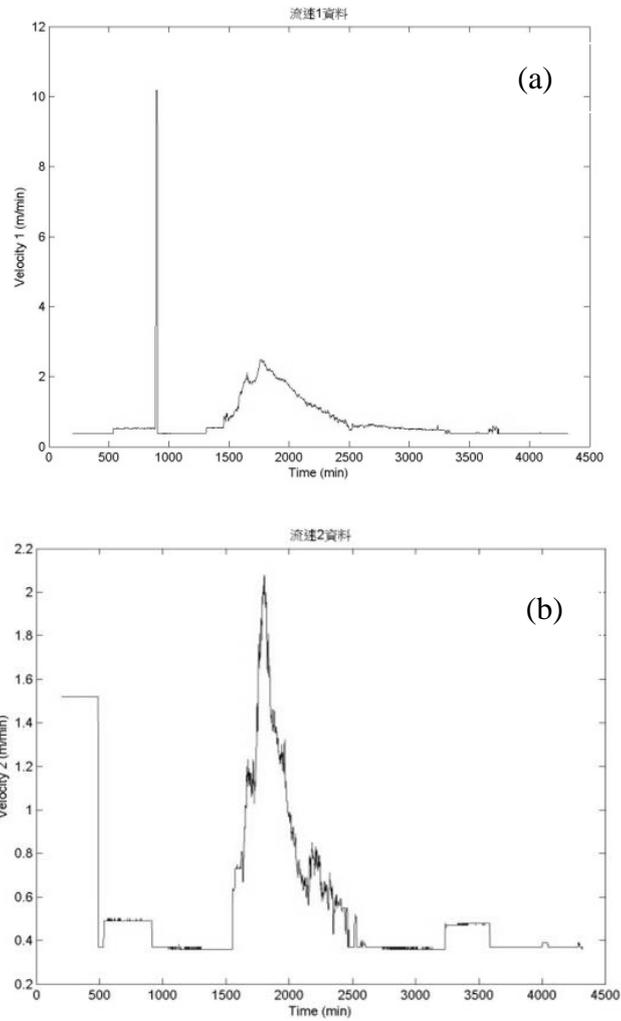


圖 6、(a)表面流速訊號 1 與(b)表面流速訊號 2

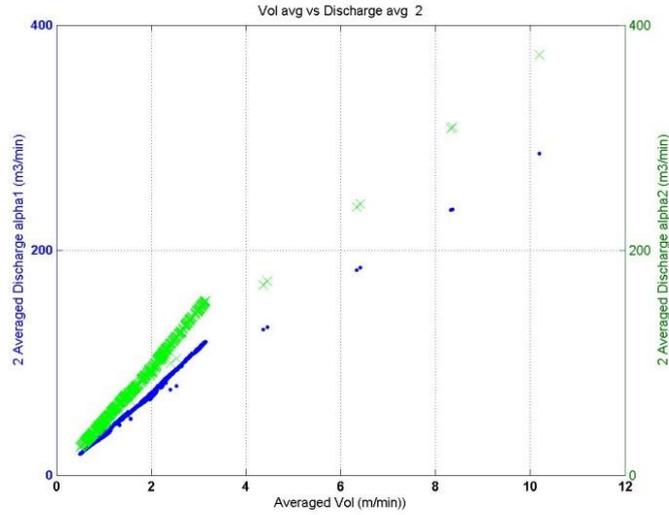


圖 7、幾何平均流速與平均流量之相對作圖

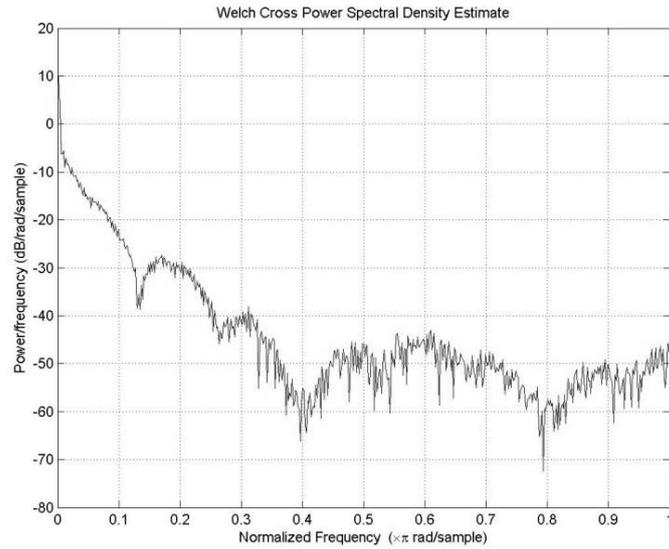


圖 8、兩表面流速之交越相關頻譜

3.4 開發有關洪水與橋梁橋墩有關特用或耐侯型電子組件與模組次系統

(a) 橋墩裂縫的四點雷射光參考點投射器研製

由於台灣近年遭受風災、水災、地震不斷，使得橋墩建築物、結構物逐漸產生裂縫而劣化，並進而對人民生命財產造成威脅。因此，為了協助工程養護單位維護管理，達到橋墩結構物生命週期之系統營運，故針對橋墩裂縫檢測與追蹤實

有其必要性。目前最常使用的方法為接觸性裂縫尺近距離量測方式，但該方法亟需仰賴人力與人為判斷，且有些裂縫位置不易辨別，因此在施作上有其困難性。近年已有越來越多專家學者利用影像辨識獲得圖像上的裂縫資訊，但影像辨識所得到的裂縫資訊皆需再透過參考比尺轉換關係才能取得實際裂縫參數。所以，儀科中心協助颱洪中心、國網中心及其他單位共同製作開發四點已知形狀之雷射光點投射器，如圖 9 所示。利用投射到遠距離牆面的裂縫旁來提供裂縫影像之參考長度，其具有簡易又實用性，再配合影像辨識技術即可辨識獲得遠距離裂縫之相關參數。四點雷射投射器光點發散角度估計如圖 10 所示，四個光點(Point 1 ~ Point 4)，相對應四個邊長分別為 L1、L2、L3 與 L4。投射距離變化時之投射距離與四點雷射投射光點相對位置與四個光點投射各個量測距離的偏差角度分別以 1 m、5 m、10 m、15 m、20 m 考量，得到投影偏差常估算，結果如表 4 所示。此版本之四點雷射投射器已經提供遠距離裂縫研究團隊使用來提供裂縫影像之參考長度，並進行演算法初步驗證，未來將繼續改進四點雷射投射器光機調整結構，四點雷射之偏角希望能調到 50 米遠小於 0.1 度為目標。



圖 9、四點雷射光點投射器

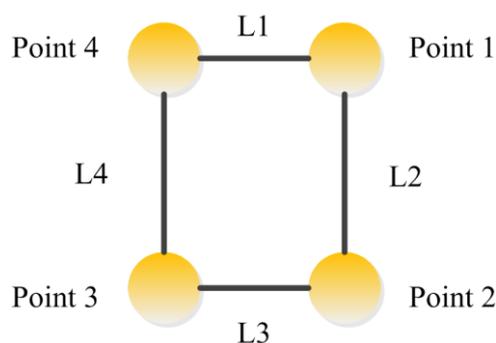


圖 10、四點雷射投射器光點相對位置與光點

表 4、投影偏差常估算值(表內單位為角度)

	L(cm)實際值	$\theta=0.2$ 估算值	$\theta=0.15$ 估算值
1 m	3.475	3.49	3.37
5 m	5.05	5.47	4.85
10 m	6.325	7.94	6.70
15 m	8.3	10.40	8.55
20 m	11	12.96	10.47

(b) 雷達波水文儀器之天線研製

水文觀測儀器兩大基礎儀器為雷達波水位量測裝置與雷達波水流流速量測裝置，此兩種儀器使用率高，其中雷達波水位量測裝置是一切雷達波觀測防災儀器之基礎，所以發展本土化水文觀測儀器技術就先以雷達波水位量測裝置為第一步試金石。其中雷達波水位量測裝置中天線為一不可或缺重要元件，為了在有限空間限制下達到較高增益，天線設計便成為相當重要之一環。102 年先從天線組件研製開始；典型號角天線可分成矩形與圓柱形結構，其中矩形結構又可分成 H 面扇形結構、E 面扇形結構與角錐結構。水位量測天線設計是以角錐號角天線為主，其模型示意圖如圖 11 所示。

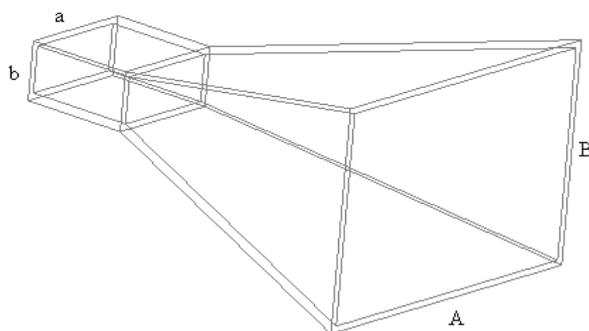


圖 11、錐號角天線模型

角錐號角天線為孔徑天線之一種，具有以下之特性：

- 本體材料為鋁合金，強度高且耐蝕性好，具有承受高功率之容忍度；
- 天線結構簡單、設計容易且容易製作；
- 較寬工作頻帶、反射損失低與高增益，適用具方向性通訊天線；
- 孔徑一旦設計確定後，天線場型與波束寬度無法彈性再做調整，且在於任何E面與H面皆有對稱場型；
- 將電力線與磁力線逐漸由導波管中分佈的形態轉移為能在無窮大空間中輻射的形態，亦即在口徑上產生均勻的相位波前，從而獲得較高之指向性；
- 天線實體模型製作尺寸對於機械切割、鑿削、焊接工作易達成。

號角天線一般設計主要可分為三個部份：

- 號角的激發饋入埠部份
- 導波管模態激發或轉換(transformer)部份(矩形導波管其主模態為 TE_{10} ，圓形導波管其主模態為 TE_{11})；
- 號角的孔徑輻射口部份；

本計畫提出的角錐號角天線採用 3.5mm SMA 接頭當饋入埠，透過 WR187 ($a \times b = 47.55\text{mm} \times 22.15\text{mm}$) 矩型導波管， a 與 b 代表 WR187 矩形導波管的寬與高，最後由角錐孔徑輻射口輻射出去。號角天線由同軸線饋入轉接到 waveguide 藉由軟體模擬至最佳狀況，才進行實品製作，饋入結構與尺寸詳細說明如圖 12(a) 所示。角錐號角天線是由矩形導波管 E 面與 H 面的兩壁擴展後而形成，其輻射特性基本上為 E 面與 H 面扇形號角結合，天線視圖如圖 3.12(b)。

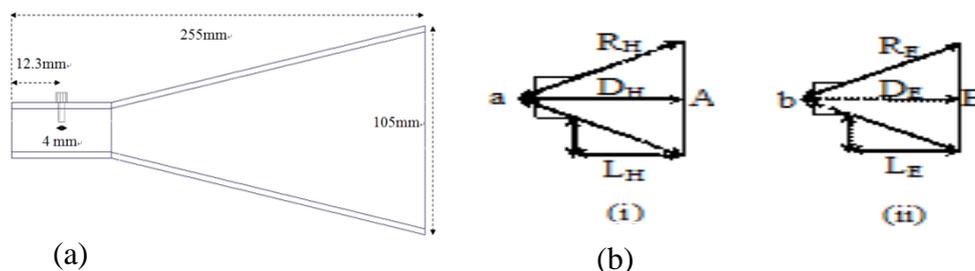


圖 12、(a)角錐號角天線側視尺寸圖及(b)角錐號角天線面視圖

為了得到最佳化增益天線，E面與H面扇形號角應分別滿足的尺寸計算公式

(5)、(6)如下：

$$A = \sqrt{3\lambda D_H} \quad (5)$$

$$B = \sqrt{2\lambda D_E} \quad (6)$$

角錐號角天線的長度與孔徑尺寸需同時滿足公式(5)、(6)，其最佳化天線增益可表示為：

$$G = \frac{4\pi\epsilon AB}{\lambda^2} \quad (7)$$

其中 ϵ 表示號角天線之孔徑效率； λ 表示中心頻率之波長；A與B代表號角孔徑於H面與E面的長度； R_H 與 R_E 代表號角孔徑於H面與E面的斜邊長； D_H 與 D_E 代表號角孔徑於H面與E面的半徑； L_H 與 L_E 代表號角兩個孔徑面彼此之距離。經由數次最佳化增益天線計算後，最後所得到實際之天線尺寸如表5所示。

表 5、角錐號角天線各參數尺寸

	參數 (mm)	參數 (mm)
A	140.0	100.0
a	47.55	22.15
R_H	311.2	262.0
D_H	303.2	257.2
L_H	200.0	200.0

藉由有限元素計算法之商用高頻電磁模擬軟體，進行模擬分析以修正其設計值，透過天線場型量測系統於 500 MHz ~ 40 GHz 錐形無回波暗室中量測，將天線輻射於自由空間之現象直接以數據或圖形呈現。圖 13 為角錐號角天線於 5GHz~6.6GHz 頻段縱軸電壓駐波比之值 vs.橫軸頻率圖，圖中實線為 HFSS 軟體理論分析模擬值；虛線為網路分析儀實際量測之值，結果顯示出兩者電壓駐波比

之值於操作頻段 5.4GHz ~6.2GHz (頻寬約為 14%)內皆小於 1.2 以下，具有極佳地
阻抗匹配的電性，符合設計需求。圖 14 與圖 15 分別為角錐號角天線於中心頻率
為 5.8GHz 在輻射場型不同切面下，E 面(Y-Z 平面)與 H 面(X-Z 平面)輻射場型縱
軸正規化場型(Normalized Pattern) vs.橫軸從-180 度至 180 度角度圖，圖中實線為
HFSS 軟體理論分析模擬值；虛線為天線實際微波暗室遠場場型量測之值，對於
頻段內任何 E 面與 H 面之場型皆成對稱，實際的 E 面與 H 面半功率波束寬度皆
約為 26 度且實際量測輻射場型增益大於 16dB。圖 16 為角錐號角天線模擬之三
維輻射場型圖。圖 17 為角錐號角天線之實際成品照片，天線實際尺寸長寬高分
別為 145 mm × 105 mm × 255 mm。

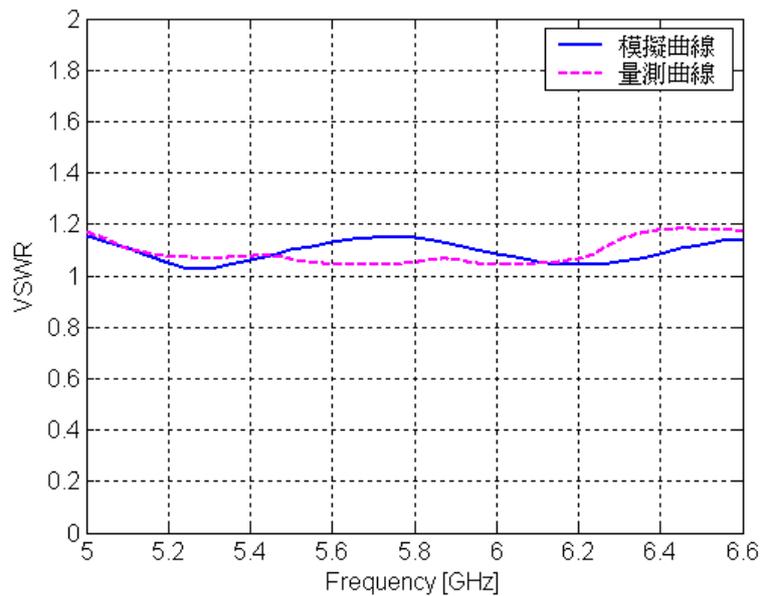


圖 13、角錐號角天線電壓駐波比圖

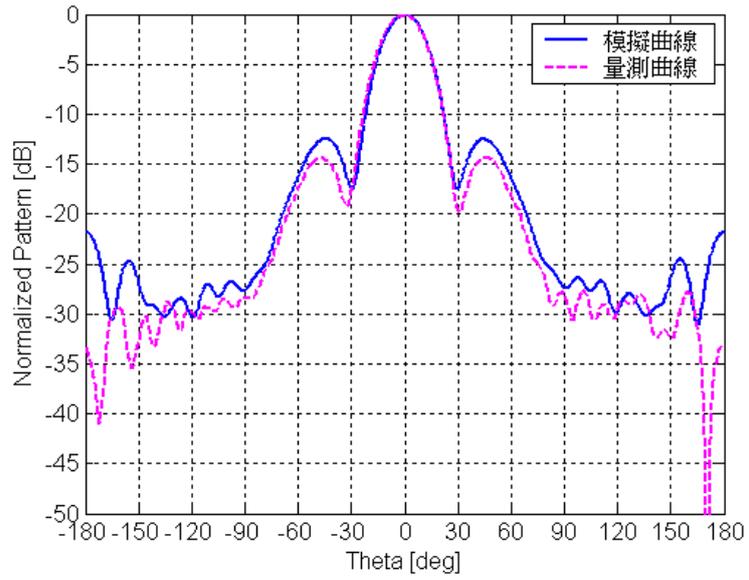


圖 14、角錐號角天線 E 面輻射場型 (Y-Z 平面)

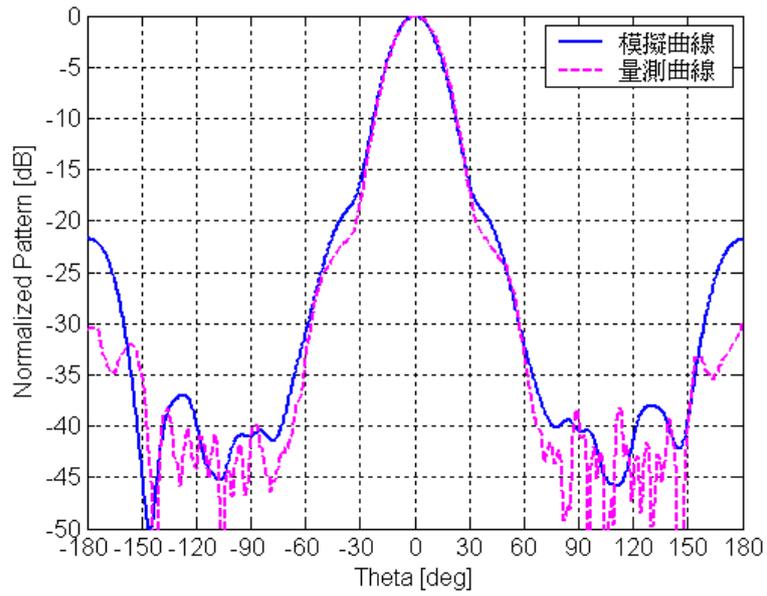


圖 15、角錐號角天線 H 面輻射場型 (X-Z 平面)

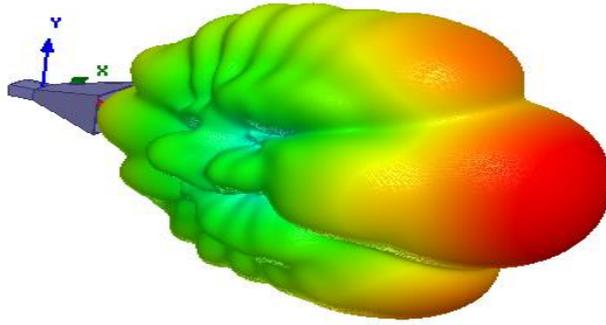


圖 16、角錐號角天線三維輻射場型圖



圖 17、角錐號角天線實體

102 年度完成雷達波水位量測裝置操作於 C 頻帶角錐號角天線的設計分析與模擬。最後，實際製作出此天線實體，藉由模擬分析與量測結果數據比較，其理論值與實際量測之值非常吻合。未來後續將以雷達波水文量測裝置之射頻電路處理與解算模組設計與驗證為主題，落實防災儀器檢測技術之本土化。

(c) 光電式雨滴量測裝置之研究

台灣地理位置處於熱帶氣旋活躍區域，因此每到夏秋兩季，往往會遭遇颱風肆虐之苦，而且颱風所帶來的豪大雨雨量，更是釀成災害的主要元兇。本計畫是開發災害預警儀器技術計畫之一，主要目的是希望能開發出利用影像處理技術偵測雨滴質量，並簡化偵測儀器系統之複雜性。

圖 18 顯示背景部分放置一藍光背光源板，當雨滴經過量測區域，內部呈現透明狀，反而清楚地顯示了雨滴的外部輪廓，有利於邊緣偵測。對於雨滴邊緣的偵測，我們假設一任意圓錐曲線模型，並隨機選出六個點，相互連結得到三交點，再利用帕斯卡定理特性，此三交點必共線，作為尋找出雨滴輪廓。一旦設定此邊緣曲線為橢圓方程式，則可以使用兩組圓錐曲線的組合，獲得第三組圓錐曲線，如圖 19 之橢圓，可表示為雨滴邊緣。

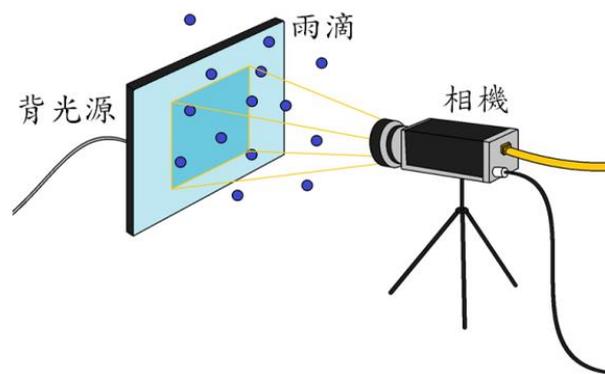


圖 18、光電雨滴量測裝置示意圖

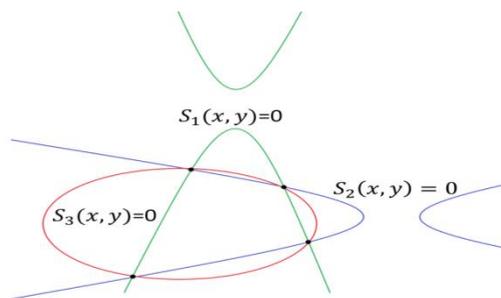


圖 19、由 S_1 和 S_2 所構成之 S_3 橢圓

接著，由六點取出四點分成兩組形成兩雙曲線，可獲得兩組圓錐曲線，經過計算後得到目前橢圓的 λ 值，進一步表示為 $\lambda_{ellipse}$ 。在影像中，任一點座標代入，都可得到任一 λ 值，若是 λ 接近 $\lambda_{ellipse}$ ，則表示誤差較小，此點座標可能會與計

算的橢圓邊緣近似，可用來求得最接近之橢圓，完成雨滴邊緣的尋找。在評估雨滴降落速度部份，利用曝光時間後出現殘影效果，可作為偵測雨滴的降落程度，並推算出雨滴速度向量，同時預估雨滴在下一張影像中的位置，如圖 20。

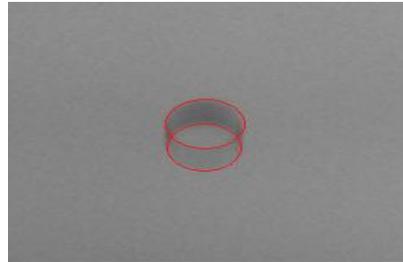


圖 20、曝光時間 1 ms 下雨滴在垂直方向輪廓(紅色圓圈)

在分離雨滴上下半部分，尚未考慮風對雨滴造成的影響，因此套入雨滴辨識程式，可分別獲得上下部分橢圓，將相同雨滴的上下部分做有系統的匹配，相同顏色表示同一雨滴的匹配結果。如圖 21 所示，最後將前後影像中同一雨滴匹配，可完成了不同影像中相同雨滴資訊的連結，如圖 22 所示，依據該位置便可推測出雨滴速度。

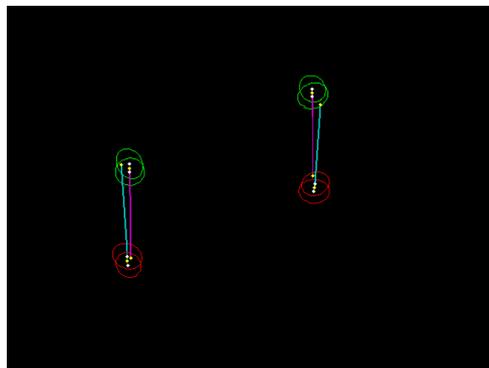


圖 21、雨滴預測前後位置

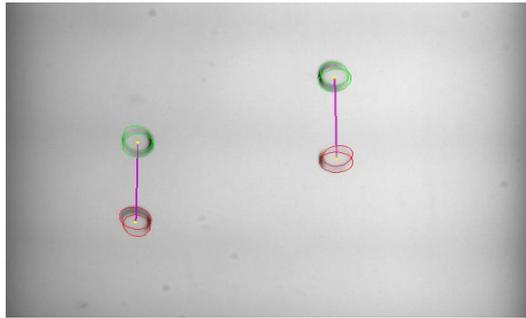


圖 22、雨滴匹配和真實影像比較

目前初步能夠利用簡易實驗架構，進行雨滴偵測和相關參數評估，但仍僅限於實驗室之模擬，且仍未應用於實際戶外之測量。再者，此一雨滴偵測演算法之處理，計算速度上也仍有待改善，因此未來將持續透過不同演算法之開發，藉此增加雨滴偵測速度和偵測範圍，以利雨滴偵測之正確性。

四、 結語

透過 102 年儀科中心的四項主要成果，希望能在 103 年繼續延續相關成果精進與改良，以期能夠讓發展完善防災儀器本土化並能夠開發為實際應用產品，提升台灣在防災與儀器產業之優勢。