非接觸式流速量測法入門

（案）

2023 年 3 月

國土交通省 水管理及國土保全局

河川計畫課 河川情報企劃室

非接觸式流速量測法入門（案）

＜ 目 錄 ＞

計畫

2. 非接觸式流速量測法流量監測 2-1

2.1 非接觸式流速量測法應用相關背景 2-1

2.2 高水流量監測 2-6

2.2.1 流速監測方法概要 2-6

2.2.2 非接觸式流速量測法 2-8

2.3 高水流速（流量）監測方法之選定 2-14

2.3.1 流速監測方法之選定 2-14

2.3.2 浮標測法之課題及適當的對策 2-22

2.4 高水流量計算 2-26

2.4.1何謂「流量」 2-26

2.4.2 切割斷面求積法 2-28

2.4.3 以數值分析流速補遺的方法計算流量 2-29

2.4.4 推估斷面內的流速分布計算流量 2-30

4. 圖像處理式流速測定法 4-1

4.1 量測原理 4-1

4.1.1 圖像分析方法（STIV） 4-3

4.2 監測機器 4-4

4.2.1 高感度攝影機 4-5

4.2.2 遠端監測攝影機 4-6

4.2.3 遠紅外線攝影機 4-8

4.3 監測位置之選定 4-13
4.3.1 高感度攝影機 4-16
4.3.2 遠端監測攝影機 4-18
4.3.3 遠紅外線攝影機 4-20
4.4 監測準備 4-25
4.4.1 視角設定 4-25
4.4.2 標定點之設置 4-39
4.5 監測方法 4-45
4.5.1 高感度攝影機 4-45
4.5.2 遠端監測攝影機 4-47
4.5.3 遠紅外線攝影機 4-51
4.6 幾何校正 4-52
4.6.1 幾何校正精度 4-53
4.7 流速計算 4-56
4.7.1 圖像分析方法（時空圖像測速法） 4-56
4.8 橫斷面測量 4-60
4.8.1 橫斷面測量的時期 4-60
4.8.2 橫斷面測量的實施方法 4-60
4.9 水位監測 4-61

2. 非接觸式流速量測法流量監測

2.1 非接觸式流速量測法應用相關背景

長期以來日本高水流量監測主要使用浮標測法。浮標測法即使在河道坡度陡峭且洪水時流速快、夾雜許多垃圾與漂流木等的日本河川，仍能有效量測流速，因此長期被選擇作為高水流量監測方法。浮標測法要達成高精度且安全，大致需符合如下條件。

① 浮標投下橋樑下游有寬度足夠的步道，堤防滿槽流量狀況下仍能確保橋樑安全性之地點

② 第一、第二通視樁設置地點在堤防滿槽流動下仍能安全地進行監測

③ 浮標投下位置之下游河川須為直線河段（浮標流動區間大於 30m 、量測區間大於 50m），並確認為低水河道、高灘地維護管理良好，且浮標能不受沙洲與樹木影響而隨流線往下流動之地點

④ 在一次監測過程中水位與流速不會明顯改變的地點

⑤ 從洪水時接到出動指示到開始監測耗時少，流量劇增仍能監測洪峰水位之地點

⑥ 後續流量監測業者能長期完成流量監測業務之地點

另一方面，實施浮標測法所選定之監測地點，須如表 2-1 具備能確保監測員監測期間或前往監測現場過程安全等條件，這類監測地點大概就能以非接觸式流速量測法改善浮標測法。

表 2-1 浮標測法之課題及其原因

浮標測法的課題	主要原因
大規模洪水時難以抵達監測地點	前往監測地點的道路已經或可能因為前一波洪水或土砂災害等淹水或無法通行
無法確保監測員之安全	橋樑下游無通道
	長時間監測時無法確保有人替代
	發生超過預期洪水時監測員可能身陷危險而無法完成浮標監測
浮標測法難以完成觀（監）測流量	水位陡升時難以快速完成洪峰水位監測
	採複數地點監測，可能來不及進行洪峰水位監測
	發生超過預期洪水等引致橋樑危險時，難以進行浮標監測
監測編組	編組不容易，流量監測業者簽約困難
浮標測法無法確保預定之監測精度	浮標易受沙洲或曲流等影響，難以在一個切割斷面河段內筆直流下
	高灘地有樹木或塑膠棚等，使得浮標無法直線流下
	河道太寬，浮標難以辨識

表 2-2 浮標測法高水流量監測課題一覽表（1/3）

大規模洪水時難以抵達監測站的案例



2012 年 7 月九州北部豪雨時監測站周邊積水，無法實施計畫規模之高水流量監測

無法確保監測員安全的案例



在寬度窄且欄杆低的水管橋上進行浮標測法監測。由 1995 年 7 月計畫規模洪水時的照片（右側照片）來看，很難確保在此操作監測員之安全

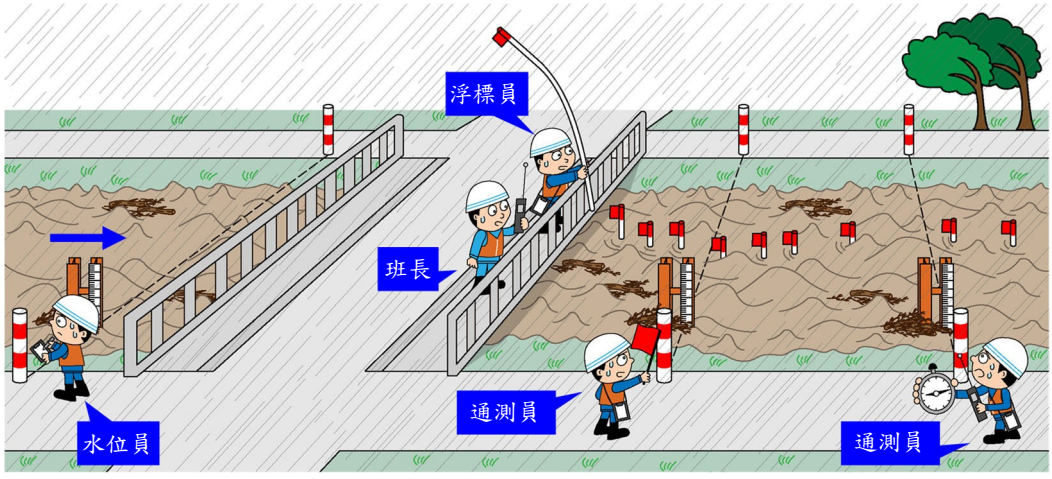
表 2-2 浮標測法高水流量監測課題一覽表（2/3）

浮標測法難以實施洪峰監測



監測站位於上游河段，移動得耗時 2 小時，難以進行洪峰監測

監測編組

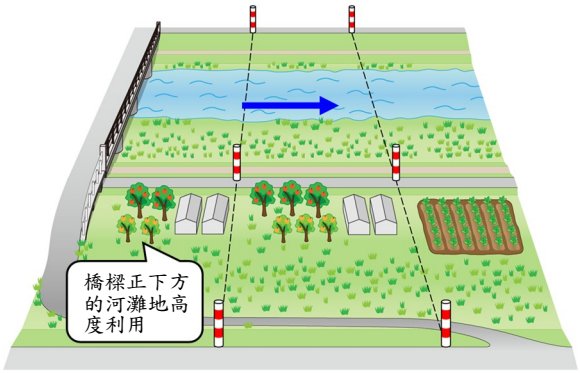


浮標測法通常 1 班 5 名（班長 1 名、浮標員 1 名、通視測量員 2 名、水位員 1 名）。過去操作時容易完成此類編組，但近年來地方人員不足，難以建立複數長期監測編組

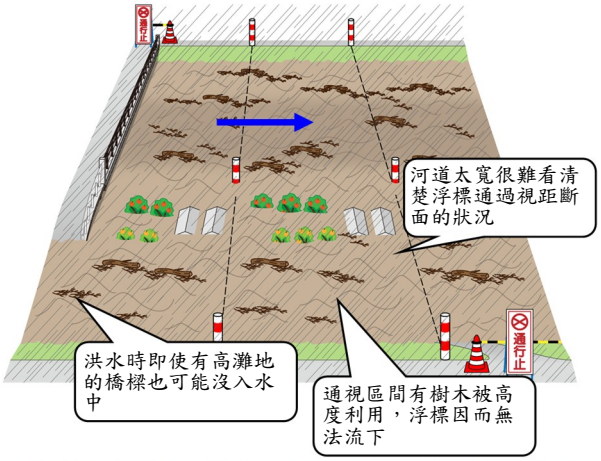
表 2-2 浮標測法高水流量監測課題一覽表（3/3）

浮標測法

平常時



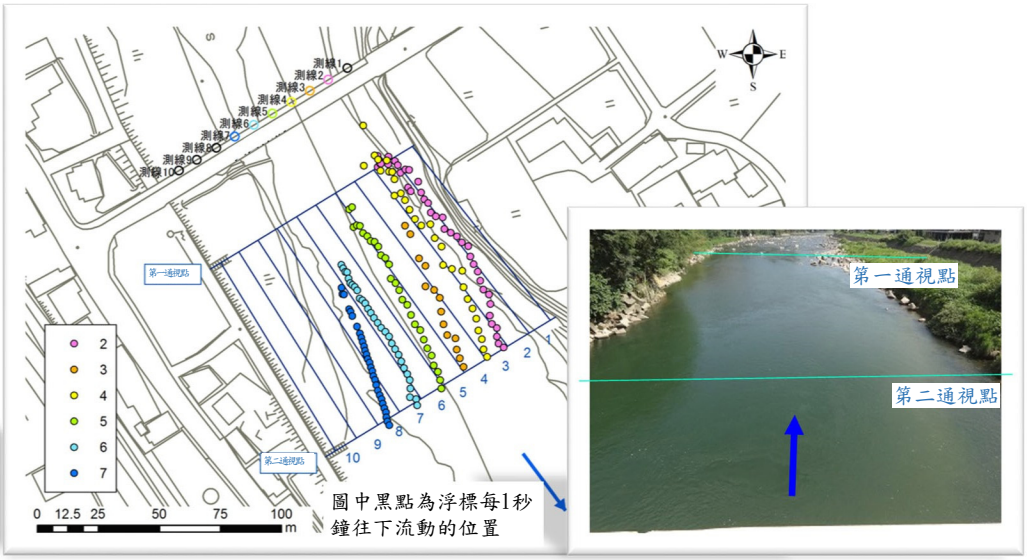
洪水時







高灘地有樹木或農業塑膠棚等，浮標無法直線流下



浮標在通視斷面區間無法通過規劃的橫斷面位置而筆直往下流動（浮動攝影機監測結果）。

2.2 高水流量監測

2.2.1 流速監測方法概要

流速監測方法就 2020 年 3 月所整理之成果，如圖 2-1 及表 2-3 所示。

非固定式監測係於高流量監測時由監測員將監測機器搬到監測地點進行流速監測，須監測員進行操作。

固定式監測指固定設置監測儀器而連續（全時）量測流速之方法。固定式量測原則上不需人員當場量測流速。但確認機器操作狀態、回收監測數據與掌握流況（水位標記錄與流況拍照）仍需人員操作。

此外，固定儀器監測站的監測數據，可選用以記錄裝置記錄與回收，搭配活用光纖等的完全自動化操作，仔細檢討監測儀器設置地點之電源、通訊環境與經濟性者，選擇適當者。

本入門（試用版）之流速監測方法如圖 2-1 各種監測方法之中，為高水流量監測電波流速計與圖像處理式流速測定法。

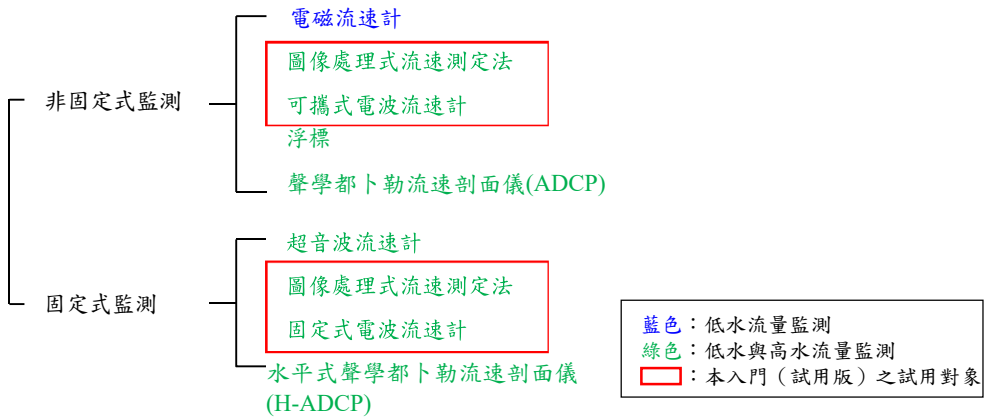


圖 2-1 流速監測方法一覽表

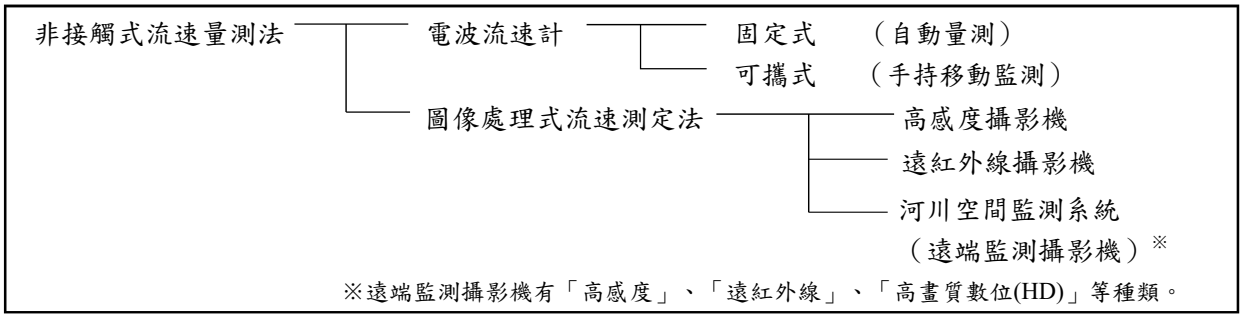
表 2-3 河道實施流速監測方法一覽表

分類			名稱	直接量測對象	說明
流速斷面積法	追蹤劑流速量測法	非固定式監測法	浮標測法	吃水部分的平均流速	設定直線上一定之區間，讓浮標由該區間之上游往下流動，流到該區間下游尾端的距離除以流下時間而算出流速的方法。
			色素投入法與稀釋法等	具代表性的流速	水淺無法使用水面浮標等狀況時，可投入螢光劑等色素或化學物質而量測其代表流速之方法。
	感測器流水流速量測法 可攜式流速計		迴轉式流速量測法	橫斷面內點流速分布	將旋轉的測定部位沒入水流，由其旋轉次數測定流速之方法。包含有水車或螺旋槳旋轉構造的橫軸式（廣井式流速計等）與有圓形杯迴轉構造的縱軸式（普萊斯流速計）二類。
			可攜式電磁流速量測法		電磁式量測儀器沒入水中的流速計，從水在人工產生的磁場流動所產生起電壓而測定其流速。
		船隻搭載	聲學都卜勒流速剖面儀(ADCP)量測法	橫斷面內流速分布	運用超音波的都卜勒效應而測定斷面內三維流向與流速分布之儀器。這類測定儀器通常搭載在橋樑繫留船上，邊移動邊完成量測，因此能短時間測定大水深區域的通過斷面內流量。此外，若固定在河床等地點，可測定流速分布之時間變化。
		連續監測固定式監測法 水中固定	超音波流速量測法（脈衝傳播時間差法）	代表性深度的平均流速	利用超音波傳播速度順流增加、逆流減少的特性，測定其差值而算出流速。訊息收發裝置設在量測地點之兩岸，向水中發送訊號完成測定。
			水平式聲學都卜勒流速剖面儀(H-ADCP)量測法		沿水平方向設置ADCP，由超音波反射波之都卜勒效應測定橫斷方向的流速分布。中小河川只在單邊河岸建立量測系統即可。
			開水路電磁流量量測法	斷面平均流速	利用設在兩岸電極間所產生的起電力與斷面平均流速成比例原理而算出流量之方法。
	非接觸式流速量測法		都卜勒流速剖面儀（電波式、超音波式）	表面流速	由設在水流表面上方橋樁等的感測器俯角往水面發射電波或超音波，然後由該反射波之頻率變化測定表面流速。目前只有流速約大於0.5m/s 的流量監測時應用。
			圖像處理式（粒子成像測速法、時空圖像測速法等）		將洪水時錄影機或相機等所拍攝流況影像進行圖像分析之流速量測方法。有河岸所拍攝水面垃圾或波紋等圖像分析的粒子成像測速法，利用動畫取得連續靜止之畫面，從亮度值（灰階）等在時間軸方向累積的時空圖像所產生條紋類型，算出水表面流速的時空圖像測速法等。
水理構造物法			堰流法等	水深	量測從三角堰或梯形堰自由溢流時的溢流水深，然後以實驗等所求得之流量公式進行流量換算之方法。
間接量測法		非固定式監測法	水面坡降斷面積法	水位	設定河川斷面粗糙度並由洪水痕跡等所推估水位及水面坡度算出流量之方法。洪水痕跡水位高低參考本章第3節　水位監測 3.9。

河川砂防技術基準　調查編，p.第2章　　第4節－3、2022年6月摘要

2.2.2 非接觸式流速量測法

本入門（案）概要地介紹電波流速計與圖像處理式流速測定法操作如下。



(1) 電波流速計

電波流速計係利用量測儀器發出電波，在水表面產生反射，流速引致該反射頻率變化之都卜勒效應原理，計測水表面流速之方法。

※都卜勒效應係移動物體所發出反射頻率，距監測者越近頻率越高，離監測者越遠頻率越低之現象。

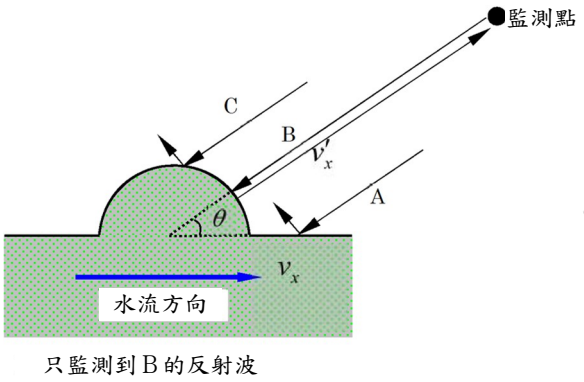


圖 2-2 電波流速計量測原理概念圖

電波流速計之監測，有固定監測機器的固定式及在監測員所決定橫斷面位置設置機器之可攜式二種。此外，可攜式電波流速計也能在一定期間進行連續監測。（表 2-4）。

表 2-4 電波流速計種類一覽表

可攜式電波流速計	固定式電波流速計
	
・設於橋樑步道，量測電波照射水表面時的水面流速，上列相片之機種為可攜式，但也能使用固定器具進行一定期間的連續監測 ・進行量測之橫斷面位置，多以浮標測法分配浮標位置進行計測	・在橋樑欄杆設置足夠攝影機，對水面照射電波而量測水面流速。此外，上列相片之機種也可搭載水位計，同時監測水位 ・橋樑旁設電源設施、調控設施、記錄器等監測小屋，進行水面流速連續量測 ・開發能搭載雲台穩定器等有擺頭機能之機種

(2) 圖像處理式流速測定法

圖像處理式流速測定法（圖像處理式流速計法）係拍攝洪水時之流況（水表面）影像，進行圖像分析之流速測定方法。

圖像處理式流速測定法用來取得影像的機器有高感度攝影機、遠端監測攝影機與遠紅外線攝影機等。

量測流速的圖像處理式流速測定法有時空圖像測速法(STIV, Space-Time Image Velocimetry）、浮標追蹤測速法（Float- PTV, Float Particle Tracking Velocimetry）、質點影像測速法（PIV, 粒子成像測速法, Particle Image Velocimetry）以及光流（Optical Flow）測速法。浮標追蹤測速法需人力投下並回收浮標，不符合監測自動化之安全與省力原則，因此不考慮。質點影像測速法雖能掌握平面二維流速與流況，但和時空圖像測速法相比，仍需更多技術人員判斷，而且操作手冊有些使用超過作業規程範圍的技術。光流測速法因日本尚少用來進行洪水監測，不納入本入門（案）。

根據以上評估，本入門（案）最適合高水流量監測的時空圖像測速法。

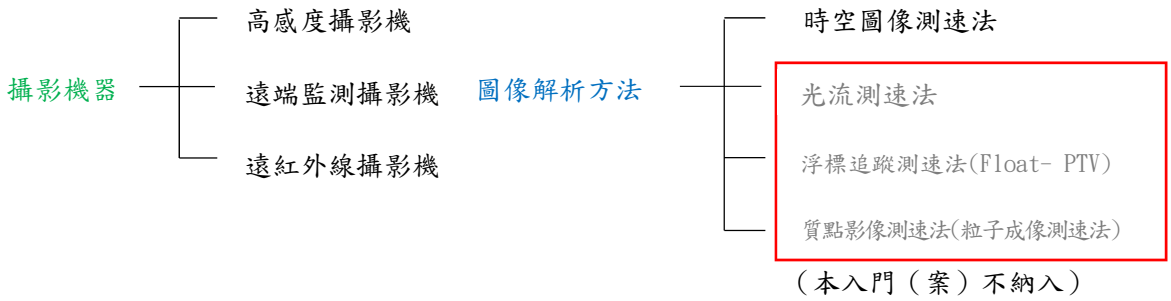


圖 2-3 圖像處理式流速測定法所使用之相機種類與解析方法

表 2-5 圖像處理式流速測定法之概要

解析方法	時空圖像測速法 （STIV 法，Space-Time Image Velocimetry）
解析方法 概要	- 以拍攝動畫所取得連續靜止畫面，從時間軸方向所堆疊檢查線上亮度值形成時空間圖像條紋算出水表面流速之方法 - 利用標定點進行幾何校正（圖像幾何校正）
解析對象	動畫或連續拍攝之複數照片圖像
輸出值	水表面流速之橫斷分布
特徵	- 雖可利用正射圖像進行解析，但也能直接利用斜角度圖像進行高精度解析。即使在距離相機很遠的地點，也能利用幾何校正降低相機焦點偏差之影響，且較不受水面雜物或水面遮蔽物影響。 - 演算方法相對簡單，能高速運算。
課題	- 洪水時若無水面波紋即無法量測。 - 若河川水面整片起霧，也無法量測。

質點影像測速法、浮標追蹤測速法與光流測速法都可用來驗證高水流量監測之結果。表 2-6 為各方法概要。

表 2-6 各種圖像處理式流速測定法概要一覽表（參考）

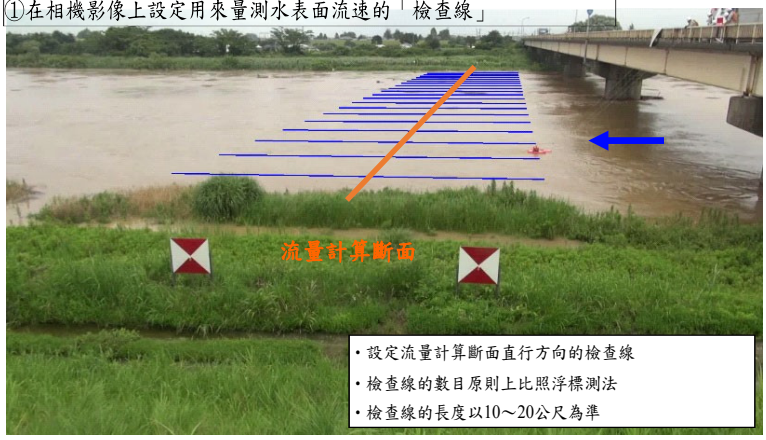
解析方法	質點影像測速法 (PIV, Particle Image Velocimetry)	浮標追蹤測速法 (Float-PTV 法, Float- Particle TrackingVelocimetry)	光流測速法 (Optical Flow)
解析方法 操作概要	・利用由動畫取得連續靜止畫面，由檢查線上亮度值在時間軸方向堆疊所形成時空圖像條紋，算出水表面流速之方法 ・利用標定點進行幾何校正 （圖像之幾何校正）	將從橋上或河岸斜角度拍攝的動畫進行幾何校正，完成無偏動畫，然後手動操作動畫追蹤功能，而掌握追蹤物流下軌跡之方法	利用由動畫所取得連續靜止畫面，以時間連續圖像亮度值算出圖像中各畫素移動的速度向量，然後參考標定點數據而轉換成流速值
解析對象	由動畫截取或連拍的多張圖像	縮時攝影所截取的多張圖像	由動畫截取或連拍的多張圖像
輸出值	水表面流速的二維分布	追蹤物流下速度的向量	水表面流速的二維分布
特徵	・也可利用正射圖像進行解析，但也能直接利用斜角度圖像進行高精度解析。即使在距離相機很遠的地點也能利用幾何校正降低相機焦點偏差之影響，且較不受水面雜物或水面遮蔽物影響。 ・演算方法相對簡單，能高速運算。	・可由所追蹤物的流下痕跡驗證浮標流速精度 ・可量測浮標流下速度 （若須事先拍攝影像，確保現場有 2 名監測員）	・光速測速法有圖像特徵解析的稀疏型（sparse型）與圖像整體解析的密集型（dense 型）二種，不易掌握其特徵的河川，則密集型較有效。 ・演算法相對簡單，可快速演算。
課題	・洪水時若無水面波紋即無法量測。 ・若河川水面整片起霧，也無法量測。	・需有監測員投下追蹤物 ・需手動追蹤，因此會耗費很多解析時間 ・需手動追蹤，得調整人員配置	監測圖像之畫質不佳(太暗、有斑點)而無法看出向量時，為無效之不良品影像。

表 2-7 圖像處理式流速測定法操作概念一覽表

時空圖像測速法（STIV）操作概要

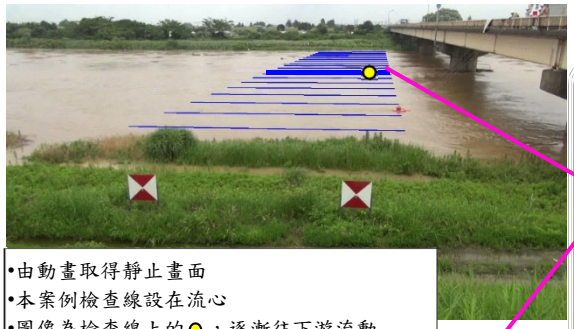
STIV 解析

①在相機影像上設定用來量測水表面流速的「檢查線」

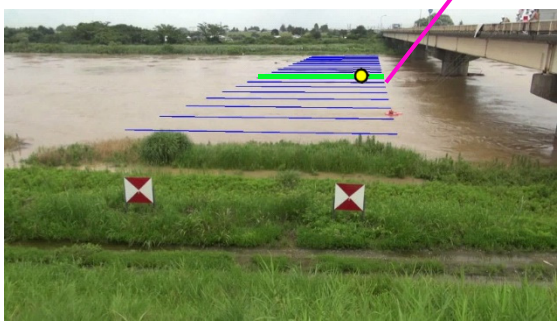


※測試監測之相機影像，在橋樑下游的影像

◎ 時空圖像（STI）之作成與水表面流速演算



•由動畫取得靜止畫面
•本案例檢查線設在流心
•圖像為檢查線上的○，逐漸往下游流動
•時刻T 係由 T_1、T_2、…、T_n 之檢查線抓取



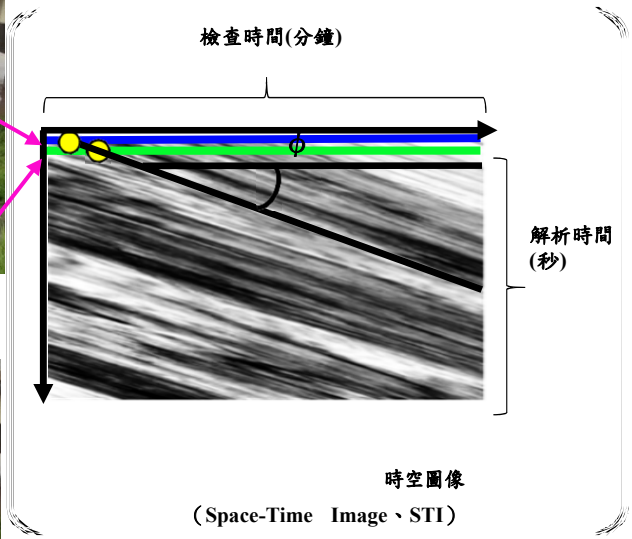
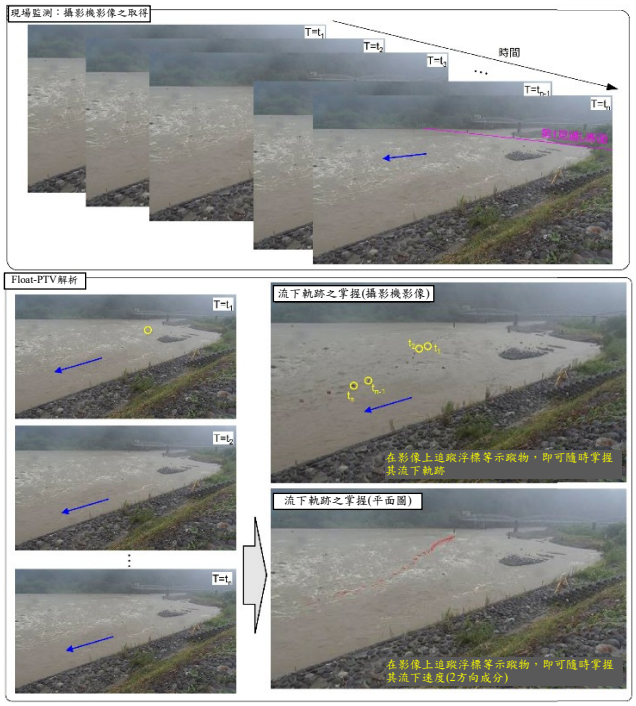
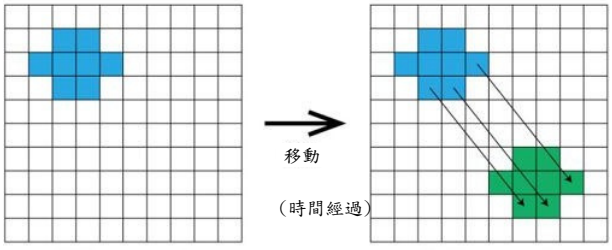


表 2-8 圖像處理式流速測定法操作概念一覽表

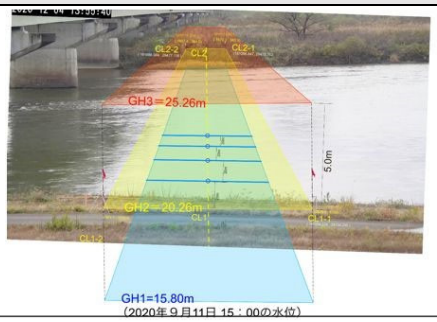
浮標追蹤測速法（Float-PTV）操作概要



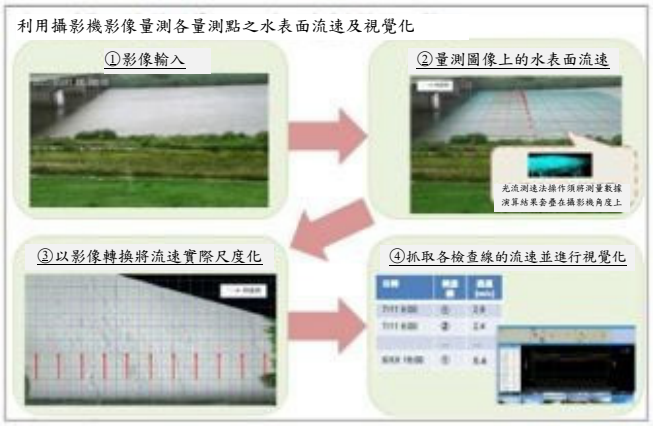
光速測速法操作概要



移動向量解析圖像



依據測量所取得標定點資料，將三維距離演算結果套疊在攝影機角度的圖



2.3 高水流速（流量）監測方法之選定

2.3.1 流速監測方法之選定

表 2-1 所示現行浮標量測方法之課題，以非接觸式流速計如何因應，整理如下：

(1) 固定式電波流速計

洪水時以固定監測儀器進行監測為安全且確實監測流量的方法之一。例如，在難以快速抵達河川上游等監測地點而來不及監測洪峰水位，或有缺測、監測人員不足等流量監測困難等狀況，以固定式電波流速計進行流速監測是有效方法之一。

固定式電波流速計大多設在即使超過洪水等狀況橋樑桁架（立柱）也不會淹沒的橋樑底部或護欄。固定式電波流速計係將電波照射在不會產生橋墩紊流的河面而量測流速。電波流速計電波發射器照射水面有一定的距離限制，因此選定設置場所時，須注意電波發射器位置、監測對象水面之距離、俯角，以及養護容易與否等問題。

受限於固定式電波流速計設置台數，量測斷面之中浮標測法所分配到的浮標數目多半不足。計算流量時，電波監測之橫斷流速數據較少，因此必要時應進行流速校正或內插，算出達到標準法程度之分割斷面的斷面流速，以確保流量計算之有效精度。

電波流速計可測得水表面流速，但水表面流速會受風影響，因此，所監測到的流速須進行風速影響校正。每個監測點水表面所受到風之影響程度不同，選擇流速計設置地點應進行風速影響校正，詳細做法參考「5. 風速監測」。

此外，電波流速計於低水等水面無波紋時無法測得流速，詳細的特徵與操作要領記載在「3. 電波流速計操作方法」。

表 2-9 固定式電波流速計及其附帶設備一覽表

固定式電波流速計之外觀	監測機房
	

註 1）固定式電波流速計所使用機種分為需有依電波法電波使用基地台執照者及不需相關執照者。

註 2）可攜式電波流速計也可連接資料記錄器，當作固定式流速計使用。但須檢討確保機殼之防水性與電源穩定。



照片 2-1　固定式電波流速計設置案例（橋樑底部，朝上游方向設置）



照片 2-2　固定式電波流速計設置案例（橋樑側面，朝上游方向設置）



照片 2-3　可攜式儀器裝設資料記錄器自動監測的案例
（設在欄杆上，朝上游方向裝置）

(2) 可攜式電波流速計

在橋樑設置可攜式電波流速計，對應浮標分配的監測地點進行橫斷面流速監測。在浮標測法難以進行長時間多地點監測或人員不足難以完成浮標監測之情況，以及浮標無法筆直流下的河道形狀或量測橫斷面必須取得流速之情況下，為有效的方法。

以可攜式電波流速計進行監測，和浮標測法相同，都需監測員在監測地點操作儀器，因此須為監測員能安全抵達現場並實施現地作業的環境。

可攜式電波流速計最好在浮標監測所在之橋樑往不會產生橋墩紊流的位置操作。若橋樑下游側流況可能產生橋墩紊流，但橋樑上游側無步道等可安全進行監測之空間，或需配合其他監測目的而必須在橋樑下游側監測時，應有監測結果會受橋墩紊流影響的心理準備。

可攜式電波流速計基本上只需 2 人即可操作，每條測線約只需 3 分鐘監測，因此即使人數少仍能完成，若監測測線增加，則需增加監測班與電波流速計台數。目前 2022 年 3 月所使用之流速計，在低水時水面無波紋生成之情況下，電波無法照射到水面的距離與俯角，有無法量測之限制。

以電波流速計進行水表面流速之量測，水表面流速會受風影響，因此所測得流速需進行風速影響校正。校正所需之風向與風速最好在可攜式電波流速計量測地點附近測得。詳見「5. 風速監測」之記載。



照片 2-4　可攜式電波流速計的監測案例（在橋樑上游監測）



照片 2-5　可攜式電波流速計的監測案例（夜間監測）



照片 2-6　風向風速之監測案例

(3) 圖像處理式流速測定法（高感度相機）

高感度相機進行監測，攝影機須先固定在容易確保電源的水位等監測站或堤防上，因此得架設支柱，調整攝影機的設置位置與對向水面（洪水監測開始水位，及H.W.L）之高差與攝影角度，利用相機鏡頭焦距，在攝影範圍內設標定點以確定相機的姿勢。

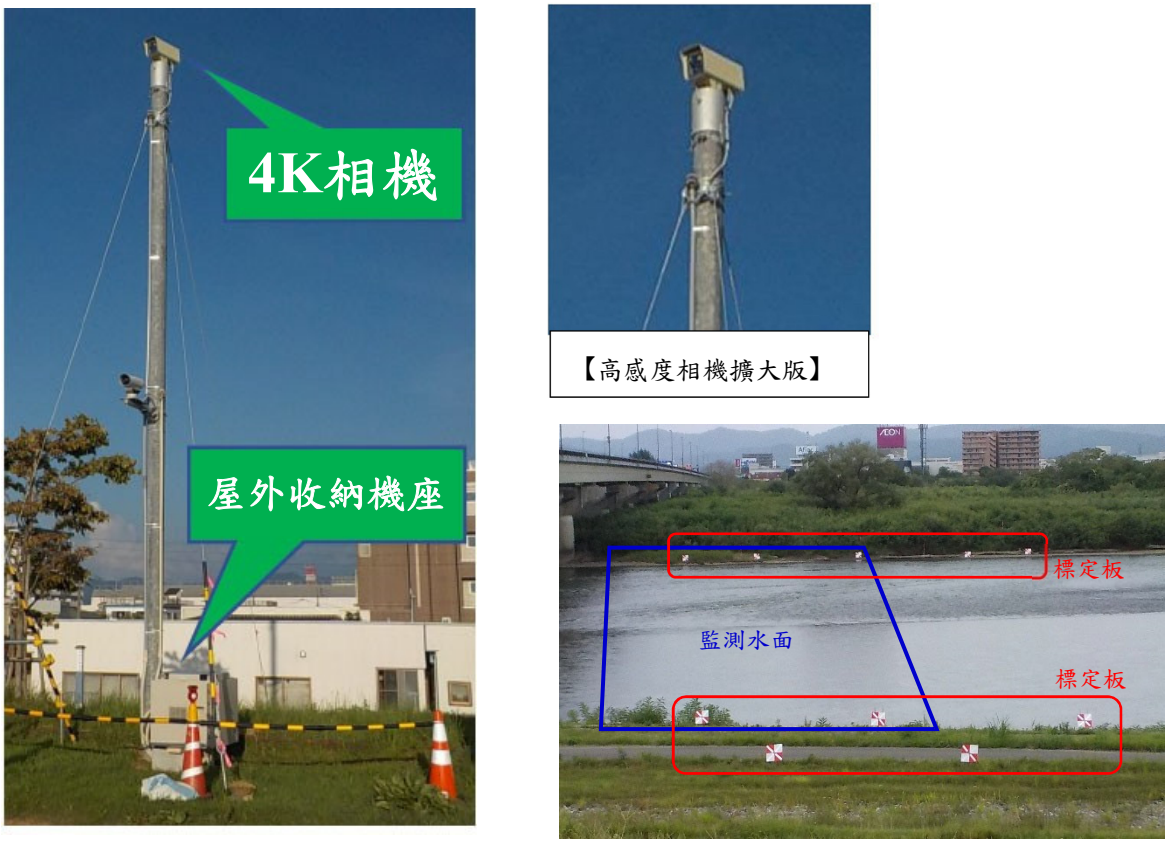
穩定攝影須供給穩定電源，得有配備不斷電系統的商用電源，並使用搭配相機的影像記錄裝置，必要時還得架設影像鮮明化裝置。

為維持相機姿勢穩定，最好設置時就先標定相機之姿勢，之後若移動相機位置或改變攝影角度，得重新標定。

設置高感度相機，攝影角度須能將監測對象水面的範圍全部收進鏡頭，並注意是否會受到周邊環境光源影響。高感度相機能接收微弱光源而拍出影像，因此特別容易受到外燈等外部照明影響。洪水期間夜間水面無月光黑暗狀態下，外燈等人工光源更顯明亮，攝影影像之辨識度可能變差，設置機器時應注意現場光源狀況。

夜間辨識度有時可用高感度相機改善。無光源處則可對水面照射照明光。詳細做法參照「4. 圖像處理式流速測定法」。

以圖像處理式流速測定法之中的時空圖像測速法進行流速量測，係量測水表面流速，而水表面的流速會受風影響，因此須進行流速之風影響校正。用來校正的風向與風速最好能在監測站旁測得。詳細做法見「5. 風速監測」。



照片 2-7　高感度相機的設置案例

(4) 圖像處理式流速測定法（遠端監測攝影機）

河川空間監測用的遠端監測攝影機，利用其所拍攝影像進行影像分析可測得流速。遠端監測攝影機的預設機能可用來拍攝所要監測流量的特定角度。

活用預設機能可在無法以其他方法進行流量監測時派上用場。遠端監測攝影機與可攜式錄影機不同，能重現特定攝影角度，因此，若能取得一次標定點所拍到的影像並完成標定點三維座標測量，洪水期間所拍攝影像就不需標示標定點。

空間監測用的遠端監測攝影機多具預設機能，可事先設定流量監測用的攝影角度並完成登錄，如此就能在洪水期間以適當的攝影角度完成攝影。

遠端監測攝影機有些機型具夜間降低影格速率（frame rate）提升感度之機能，但降低影格速率難以捕捉移動快速對象物之影像，因此須仔細確認相機性能良好。影格速率標準型為 30fps，至少也需 7.5fps。

圖像處理式流速測定法須在量測範圍周邊配置流速分析所需之標定點，標定點應完成其座標與高程測量。遠端監測攝影機的鏡頭位置必要時也應予以標示。遠端監測攝影機之預錄若已登記，可利用洪水後的標定點測量，完成流速分析。若要運用這項機能，在超過洪水或採用浮標測法而洪峰流量缺測時，在管轄範圍內的遠端監測攝影機預設流量監測用的攝影角度，即可記錄洪水時的影像。此等案例亦有。

現行遠端監測攝影機主要用來進行空間監測，使用時須先確認是否可專門用於洪水期間以及能否臨時改變攝影角度。



照片2-8　遠端監測攝影機設置狀況



照片 2-9　遠端監測攝影機拍攝的洪水影像

(5) 圖像處理式流速測定法（遠紅外線攝影機）

使用夜晚無可見光仍能感知遠紅外線之相機，可拍攝河川流況、掌握水面波紋並以圖像分析測得流速。

遠紅外線攝影機係可感知物體所發出遠紅外線，且於無可見光夜晚仍能掌握反射水面之遠紅外線波紋而拍攝河川流況等之相機。

2022 年 3 月市售遠紅外線攝影機的解析度只有大約 640×480 VGA 畫素左右，低於一般錄影機，流速量測對象範圍距離太遠精度即可能不足。所拍攝角度範圍因鏡頭焦距而異，因此須設定適當的流速分析對象範圍，選擇能取得該攝影角度的鏡頭。此外，能進行流速分析的

河寬因現地狀況而異，在良好監測條件下進行量測，曾有約距 280 公尺仍能完成流速分析的案例。

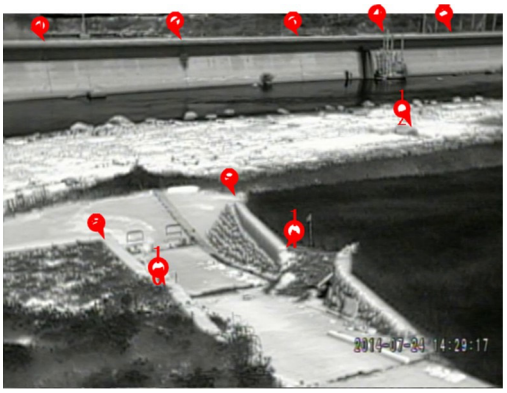
遠紅外線攝影機並無一般錄影機的電池運作機型，因此得在現地分別架設攝影機、電源、錄影機以及螢幕等，才能攝影與記錄。一般主要是在拍攝現場架設一整套遠紅外線攝影機器，但試驗監測等狀況下也可在洪水時現場臨時架設機器進行攝影。

以遠紅外線攝影機進行圖像分析流速量測，須設置錄影機等標定點並完成標定點測量（座標、高程）等，並作水表面流速風影響校正。

若採可見光攝影機，須避免侵犯附近居民隱私，不可設定某些攝影角度。而遠紅外線攝影機無法進行人的識別，因此無這類問題。



圖 2-4 固定式遠紅外線攝影機設置狀況



標定點與遠紅外線攝影圖像



洪水時的圖像（半夜3時1分）

圖 2-5 遠紅外線攝影機的攝影圖像

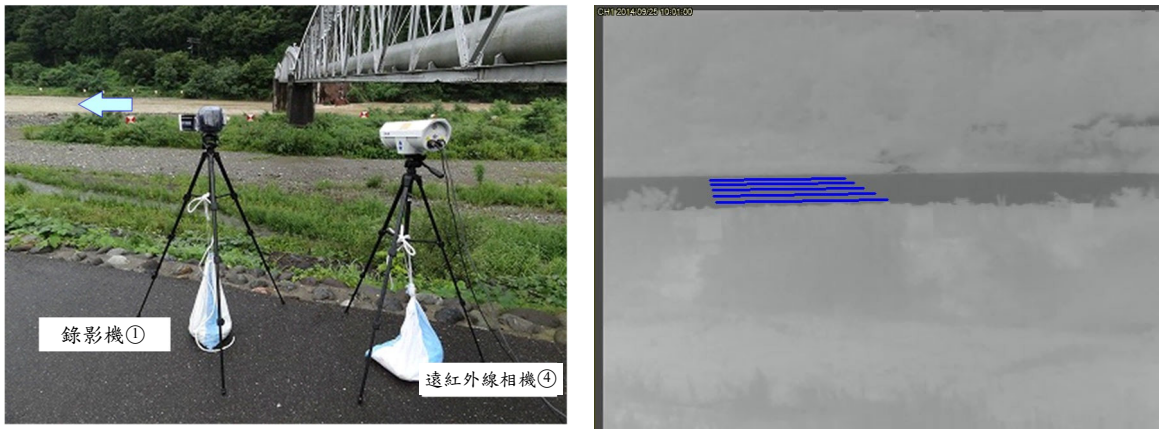


圖2-6 可攜式遠紅外線攝影機的監測狀況與遠紅外線圖像案例

(6) 圖像處理式流速測定法之適用性

圖像處理式流速測定法實施前應先掌握高感度攝影機、遠端監測攝影機、遠紅外線攝影機之能否夜間攝影，以及適不適合進行圖像分析等，如表 2-10 所示。

圖像分析方法及各攝影機特徵之內容，詳見「4. 圖像處理式流速測定法」。

表 2-10圖像處理式流速測定法之適用性

		高感度攝影機	遠端監測攝影機	遠紅外線攝影機
STIV（時空圖像測速法）	自動監測	○（常設型）	○(可變更預設)	○（常設型）
	日間監測	○	○	○
	夜間監測	○照明	△照明	○

2.3.2 浮標測法之課題及適當的對策

對各監測站實施浮標測法之課題，應先掌握各種非接觸式流速量測法特徵，然後採取適當對策。各種課題的對策觀點以及非接觸式流速量測法各種對策方案，如表2-11 所示。

表 2-11浮標測法的課題以及非接觸式流速量測法之適用性

浮標測法之課題	主要因素	觀點	非接觸式流速量測法的對策方案
浮標測法洪峰流量監測困難	過去的監測經驗是，浮標很快浮起來，難以監測到洪峰	有超過洪水時也不會淹沒至橫樑的橋樑	固定式電波流速計
		附近有遠端監測攝影機，即使夜間也能辨識水面	圖像處理式流速測定法（遠端監測攝影機）
		上述之外	圖像處理式流速測定法（高感光度攝影機、遠紅外線攝影機）
	監測員同時負責好幾個監測點，因而來不及進行洪峰流量之監測	增加監測團隊人數因應	使用可攜式電波流速計，減少各班所需成員
		減少實施浮標監測的監測點數目	固定式儀器（電波流速計、各種攝影機）
	超過洪水時等橋樑危險狀況下，無法實施浮標監測	配合狀況臨時設置監測機器	圖像處理式流速測定法（可攜式攝影機）
		附近有遠端監測攝影機	圖像處理式流速測定法（遠端監測攝影機）
大規模漲水時難以抵達監測地點	前往監測點的道路之前曾有淹水或土砂災害無法通行的情形	有超過洪水時也不會淹沒至橫樑的橋樑	固定式電波流速計
		附近有遠端監測攝影機，即使夜間也能進行水面辨識	圖像處理式流速測定法（遠端監測攝影機）
		上述之外	圖像處理式流速測定法（高感光度攝影機、遠紅外線攝影機）
難以確保監測員的安全	橋樑下游無步道	上游側有步道	可攜式電波流速計（在橋樑上游監測）
		上述之外	固定式儀器（電波流速計、各種攝影機）
	須長時間監測時，無法確保替換所需人員	多設監測班，持續監測	使用可攜式電波流速計減少各班所需成員
		減少實施浮標監測的監測點數目	固定式儀器（電波流速計、各種攝影機）
	超過洪水等狀況監測員會有人身危險，而無法進行浮標監測	配合狀況臨時設置監測機器	圖像處理式流速測定法（可攜式攝影機）
		附近有遠端監測攝影機	圖像處理式流速測定法（遠端監測攝影機）
浮標測法難以確保預定之精度	受沙洲等影響，浮標無法筆直通過設定之各切割斷面	有橋樑，橋樑周邊流況安定	可攜式電波流速計或固定式電波流速計
		無橋樑，或橋樑周邊流況不安定	圖像處理式流速測定法（在流況安定的地點進行監測）
	河面太寬，難以辨識浮標	河寬約 150 公尺	利用各種攝影機的圖像處理式流速測定法
		河寬約 300 公尺	左右岸設各種攝影機同時監測
		以多台攝影機進行同時多點監測	設置多台可攜式電波流速計或固定式電波流速計，同時多點監測
		其他	在低水流路或高灘地等地點搭配使用電波流速計、圖像處理式流速測定法等，量測斷面整體的流速分布

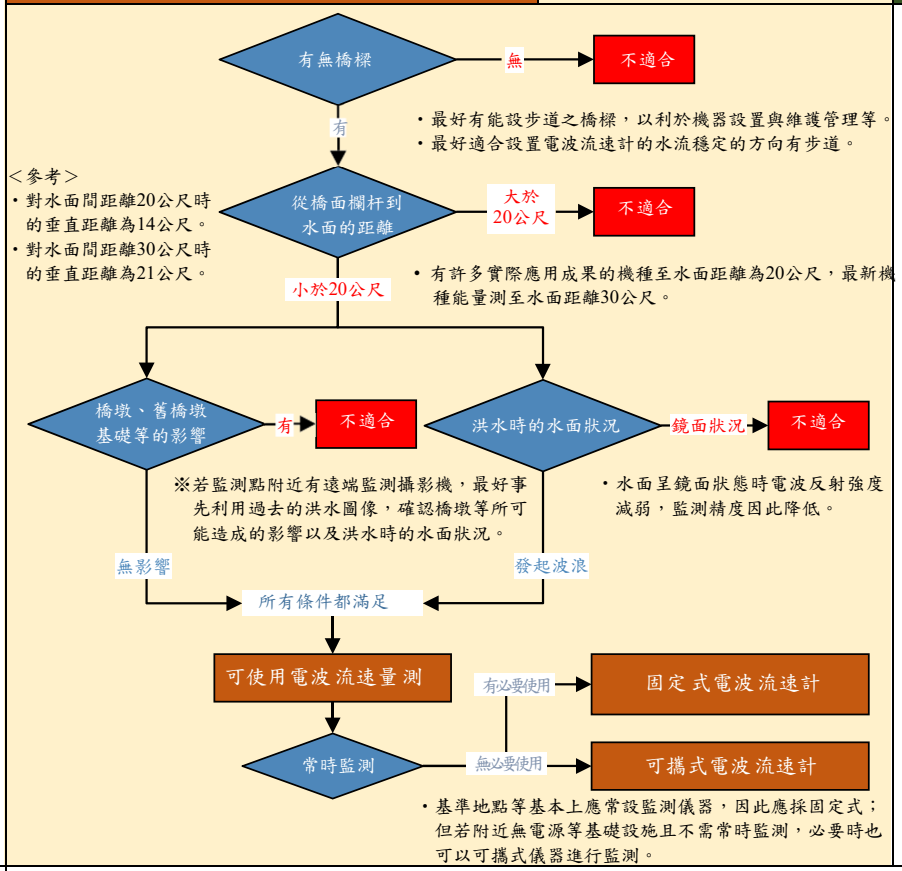
非接觸式流速量測法之檢討與監測方法選定流程（案）

監測地點

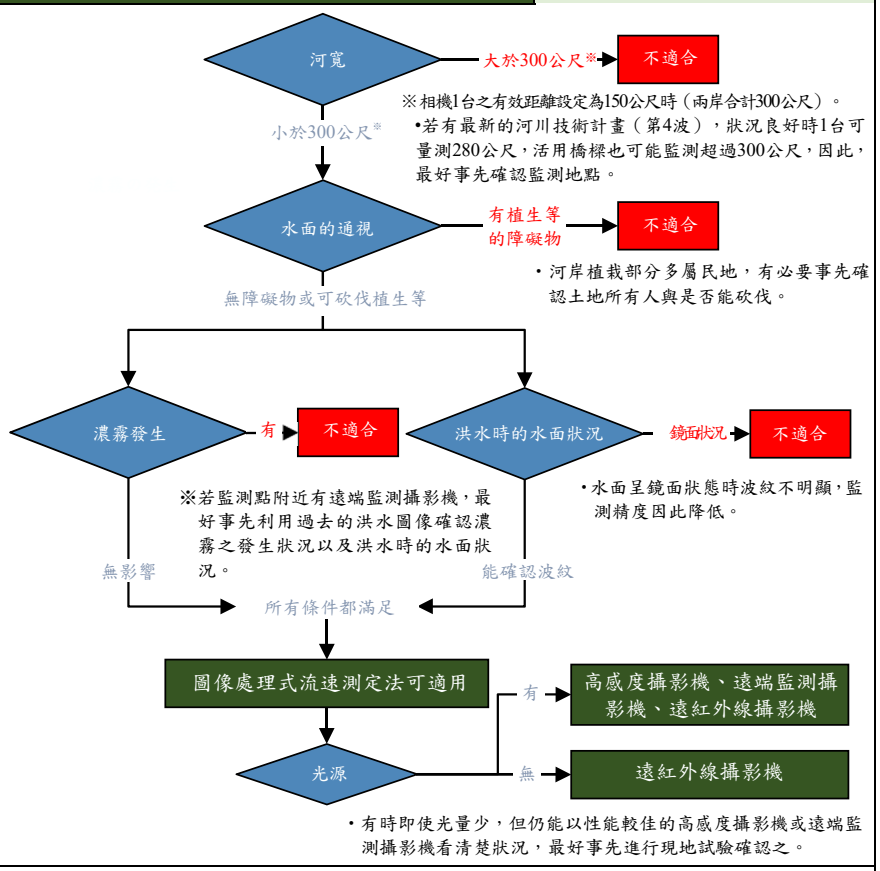
- 最好是河道非彎曲處（河道彎曲易產生紊流，電波流速計量測法與圖像處理式流速測定法之監測精度可能因此降低）。
- 非支流之滙流點（支流滙流點附近水流複雜，可能導致電波流速量測法與圖像處理式流速測定法之監測精度都因此降低）。
- 附近有水位監測小屋、電源等基礎設施配備或擺放資料記錄器等儀器。
- 過去曾實施浮標監測地點與監測測線附近，且能確保過去流量監測結果持續性之地點。

機器的適用性與選定

電波流速量測法之適用性檢討



圖像處理式流速測定法之適用性檢討



綜合判斷

電波流速量測法與圖像處理式流速測定法都適用時，應依據初期投資與維護管理費用高低檢討其經濟性，綜合判斷選定最適合的監測方法。

【參考資料】

流量監測技術提升之作業順序（草案）

1.基本事項彙整（室內作業檢討）

1) 對象水位：水防團待命～計畫洪水位
2) 對象水面（分析點）：浮標測線（標準法）
3) 監測項目：表面流速（電波／監測值，圖像／動畫）
4) 記錄時間及間隔
【圖像】
・記錄時間：汛期監測期間（例：6月～10月）洪水分析之洪峰前後的任意時間帶
【分析對象時間】
・配合水位量測每隔10分鐘進行一次
【電波】
・量測間隔：1秒（平均化時間間隔：60秒）
5) 記錄位置：河川事務所（確認現地有無備份）
6) 流量演算法：後演算（橫斷面測量後演算）
【電波】
・切割斷面求積法 or 力學的內外插法
【圖像】
・流速分析(STIV法)→切割斷面求積法 or 力學的內外插法

↓

2.監測地點現狀之掌握（現地調查）

【現地調查項目】
1) 河寬
2) 堤防高
3) 浮標測線（標準法、緊急法之位置）
4) 水位（水位計位置、量水標狀況）
5) 橋樑（橋樑寬、構造、橋墩位置、有無步道、高欄、附屬設備、照明等）
6) 遠端監測攝影機（位置、鏡頭、到水面之距離等）
7) 電源設備（位置等）
8) 通訊設備（位置、連接位置）

↓

3.監測方式之檢討（參照前頁的流程）

↓

4.機器配置之概略設計

【基本配置方案】

・機器配置
・配線
・電源
・通訊
・記錄、保存
・分析、流量計算
・維護管理　其他

→

・數量表（概數）
・概算
（導入時、維護管理）
・圖面

↓

5.機器配置之詳細設計

【詳細設計】

・機器配置
・配線
・電源
・通訊
・記錄、保存
・分析、流量計算
・維護管理　其他

→

・數量計算書
・數量總括表
・詳細設計圖面(一般圖等)
・等值線圖（isopleth map）

2.4 高水流量計算

2.4.1 何謂流量

「流量」乃是每單位時間通過任意橫斷面的水理量，流量演算須掌握以下三個條件（圖 2-7）。

1）橫斷面形狀

進行流量計算的橫斷面形狀。

洪水流量監測需採用洪水前後流量計算地點的橫斷面測量成果。一般而言，洪水期間橫斷面形狀變化監測相當困難。

2）河道水位

計算流量的橫斷面水面須使用監測站基準測線及監測測線水位標讀取值。

通常假設此水位與流量計算的橫斷面內水位相同。

3）流速

計算流量需有橫斷面的流速橫斷面分布數據。非接觸式計測法難以取得這項數據，但可用聲學都卜勒流速剖面儀完成這類量測。

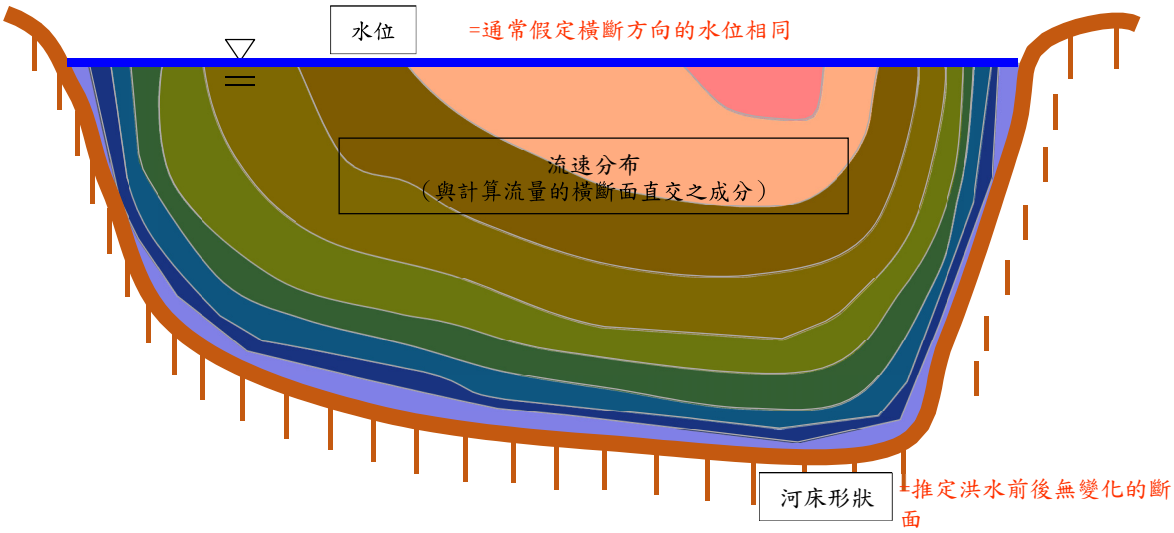
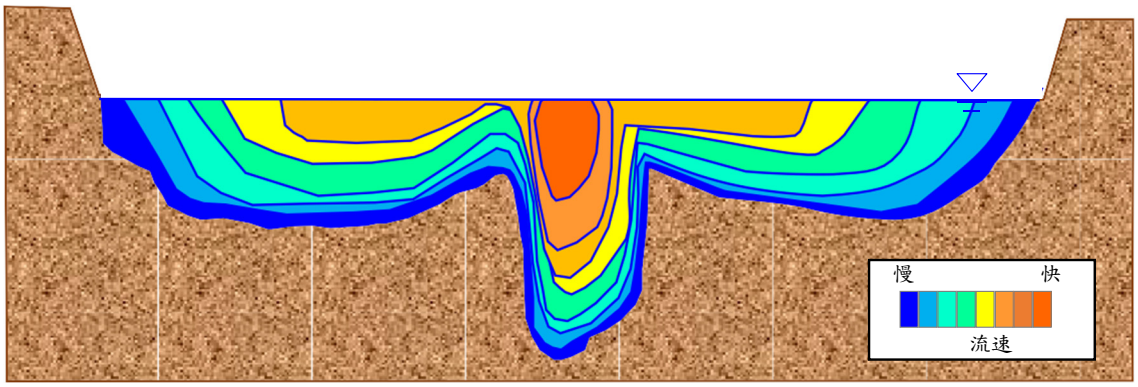


圖 2-7 流量「監測」概念圖

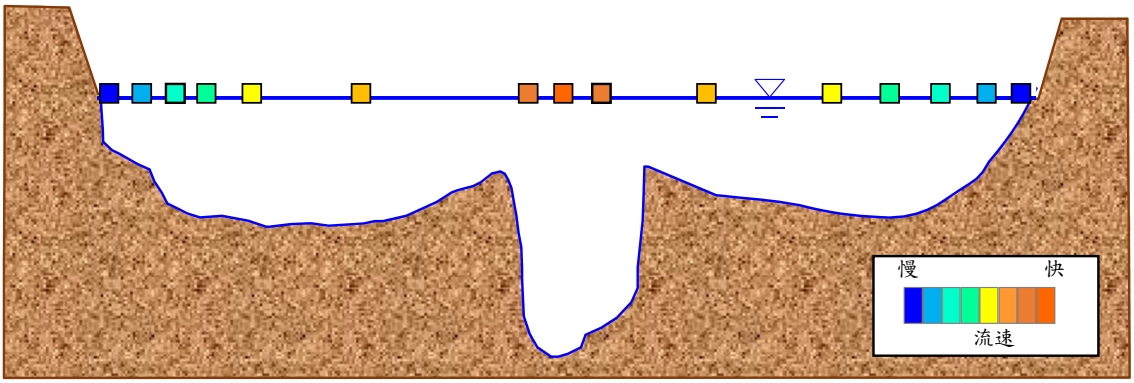
非接觸式流速計測法與浮標測法一樣，都搭配流速「監測」與流量「計算」算出流量（表 2-12）。非接觸式流量計測法的量測橫斷面為從電波流速計所設定俯角照射電波的橫向位置。圖像處理式流速測定法係以攝影機設置位置所設定的檢查線中心為橫斷位置，並事先以橫斷測量掌握各該位置之橫斷形狀。

表 2-12流速「監測」與流量「計算」概念圖一覽表

流速「監測」

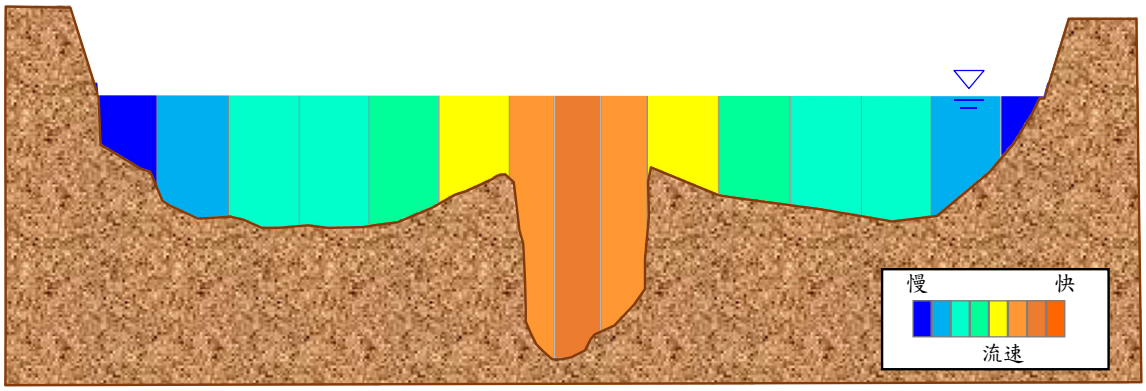


須掌握的流速橫斷面分布圖。



實際上浮標測法時為浮標吃水深之平均流速，非接觸式流速測定法則是水表面流速。（電波流速計與時空圖像測速法之案例）。

流量「計算」



利用浮標吃水深或水表面流速，以可代替流速橫斷面分布的流量「計算」法算出流量。浮標測法之計算方法為①以浮標吃水深之平均流速乘以更正係數算出斷面平均流速。②合計各切割斷面流量而算出流量。

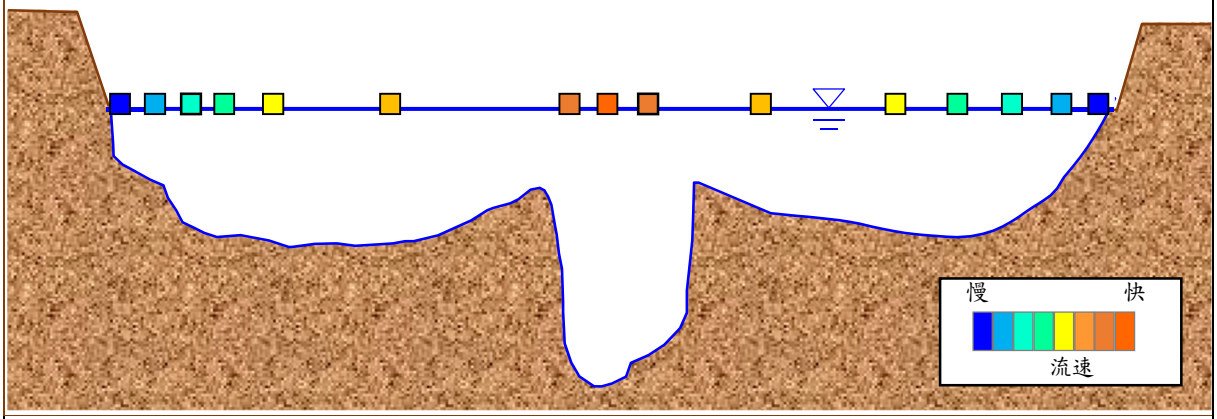
使用非接觸式流速計的流量計算方法有如下所示切割斷面求積法、數值分析方法以及以推估斷面內流速分布而計算流量之方法三種。

2.4.2 切割斷面求積法

算出各切割斷面的鉛直平均流速，乘以相同切割斷面積而算出各切割斷面之流量，然後由全部切割斷面的總和算出流量（表 2-13）。此為一般常用方法。

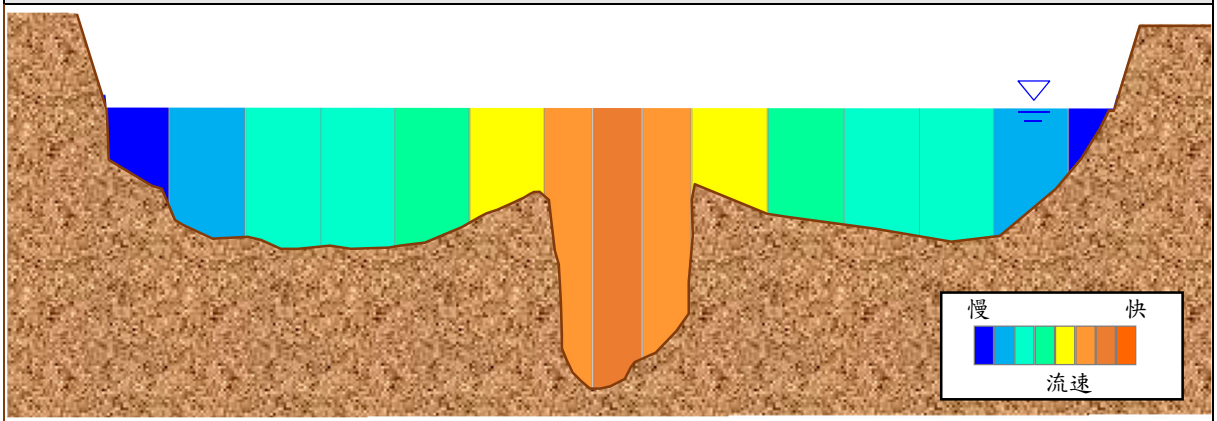
表 2-13切割斷面求積法概念圖

流速「監測」



非接觸式流速計測法乃是計測水表面的流速（由電波流速計與STIV所取得（上圖為水表面流速（電波流速計與STIV概念圖））。

流量「計算」



- 利用水表面流速（電波流速計、STIV）以可代替流速橫斷面分布的流量「計算」法算出流量。具體而言若使用浮標吃水深的平均流速，乘以更正係數；若使用水表面流速的平均流速，則乘以表面流速係數，以此方法算出斷面平均流速
- 斷面平均流速乘以斷面積算出切割斷面流量
- 合計各切割斷面流量即可算出流量

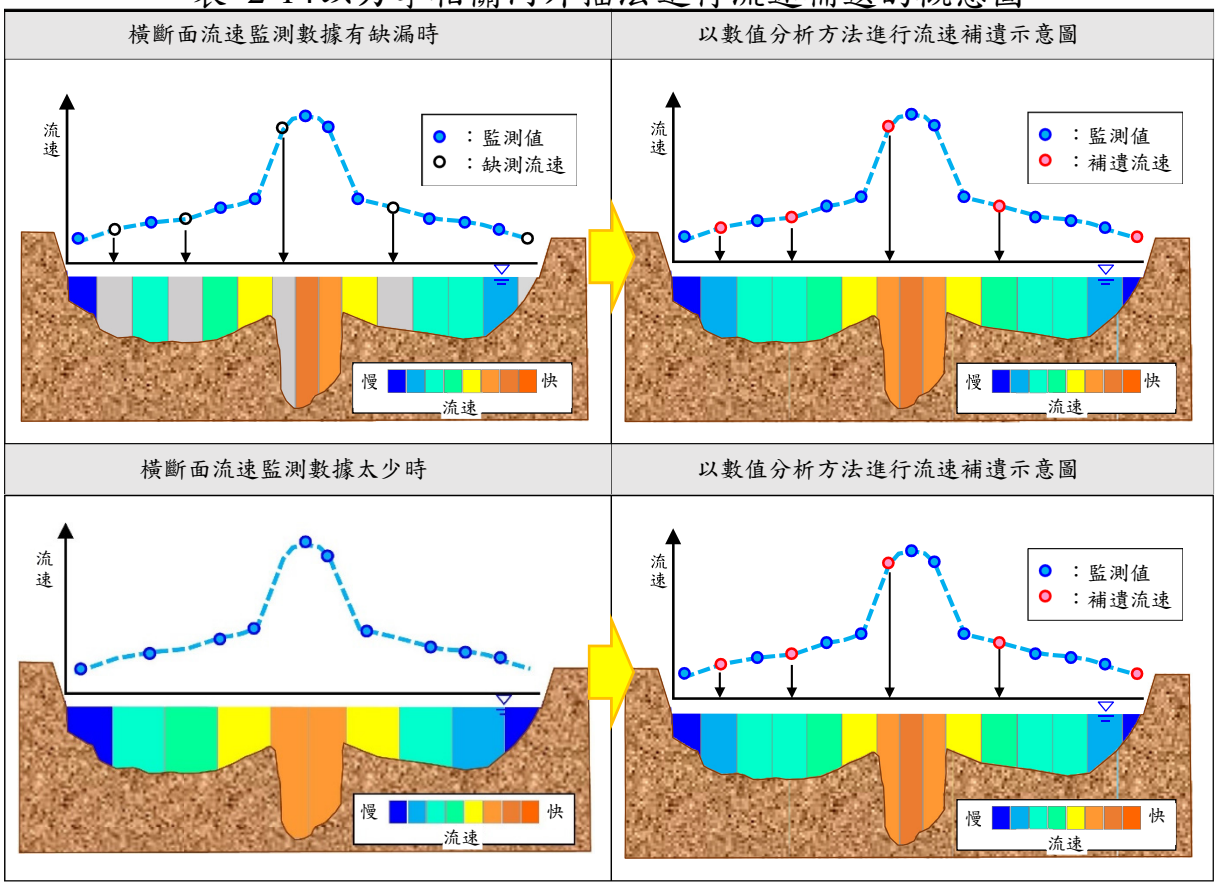
2.4.3　以數值分析流速補遺的方法計算流量

橫斷面的流速監測資料太少時（非緊急且迅速進行流量監測不可時，所需最少浮標流速測線數目或不足的流速監測數）或缺測因而無法以切割斷面求積法確保充足流量計算精度時，都視為「缺測」。

但 2017 年 3 月修訂水文監測業務規程，規定採用「依據水理學知識見解為基礎的計算方法」，若能活用數值分析方法，類似狀況也能算出流量而不視為缺測。

例如，河床形狀不複雜的河川，在少數測線之間進行線性插補，以福祿數以及無因次推移力等條件補遺，也能提高流量計算精度。此外，近年來有人提案採用也可同時滿足高水流量監測流量量測值群的水理條件，而算出流量的力學內外插法。使用力學相關的內外插法，能從浮標測法或非接觸式流速計測法所取得的離散式流速算出連續性流速橫斷面分布。但須注意配合流況及監測站狀況，採取適當的使用方法。詳細做法見「8. 監測資料之檢查方法」。

表 2-14以力學相關內外插法進行流速補遺的概念圖



2.4.4　推估斷面內的流速分布計算流量

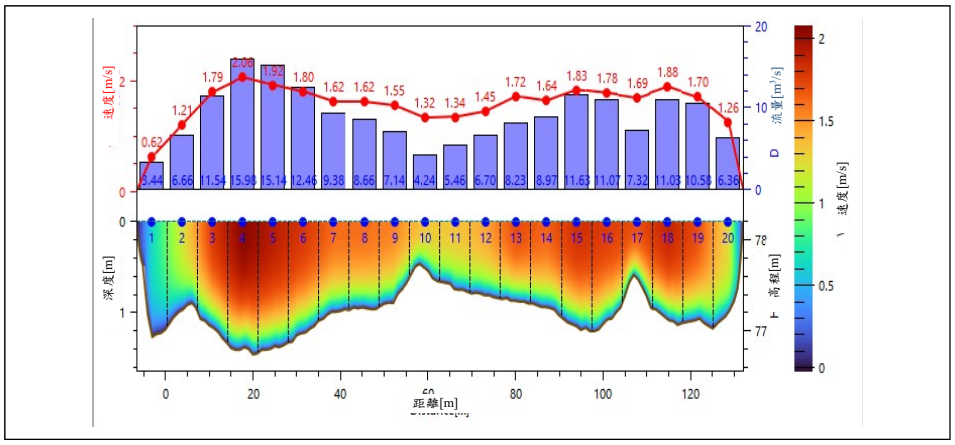
切割斷面求積法的流量計算精度會受表面流速係數左右。正確的表面流速係數須以聲學都卜勒流速剖面儀等進行細部流速量測，實務上採標準值 0.85 作為表面流速係數。但不同流況與河川形狀有時也會產生不同的表面流速係數。

就此課題而言，特別以圖像處理式流速測定法可密集測定橫斷方向的流速時，對不需表面流速係數的流量計算方法，有採用最大熵法之提議。使用這種最大熵法，可從熵參數 M 與河床形狀以及表面流速的分布推估斷面內的流速分布。又，熵參數 M 可由橫斷面內的最大流速與平均流速比值算出。

此外，使用這種最新的最大熵法，若最大流速出現水面下速度傾降（velocity dip）情況，也能適切地計算各檢查線的表面流速係數。

詳見「7. 流量計算」。

表 2-15 以最大熵法計算斷面流速分布示意圖



＜參考資料＞

1)渡辺健，大森嘉郎，藤田一郎，井口真生子：STIV 法による流量監測の不確かさ評価，河川技術論文集 ， 第27 巻，2021 年6 月 pp.7-12

2)渡辺健，藤田一郎，南良忠，大森嘉郎，井口真生子：STIV 計測値を用いた最大エントロピー法のパラメータ自動推定手法の検証，土木学会論文集 B1（水工学）Vol2，I_1183- I_1188 , 2022

4. 圖像處理式流速測定法

4.1 量測原理

＜構 想＞

圖像處理式流速測定法乃是以分析所拍攝洪水流影像，量測其流速之方法。本方法入門（案）使用高水流量監測適用性較高的時空圖像測速法（STIV，Space-Time Image Velocimetry）。

利用由動畫取得的連續靜止圖像，依據檢查線上的亮度值於時間軸方向累積的時空圖像條紋類型算出水表面流速。

時空圖像測速法：

- 時空圖像測速法係以水面波紋的移動速度量測水表面流速。
- 時空圖像測速法只能取得（檢查線上的）水表面流速的一個方向的向量。

＜說 明＞

- 利用攝影影像（動畫）量測水表面流速的方法。具體而言是依據時間軸方向堆疊連續影像而在檢查線上時空間圖像（時空圖像：橫軸為長度、縱軸為時間的維度）呈現的條紋類型的傾向算出水表面流速。
- 時空圖像測速法只能取得（檢查線上的）水表面流速的一個方向的向量。
- 因係從波紋移動速度算出水表面流速，不需浮標等追蹤工具，只用所拍攝影像就能算出水表面流速。
- 斜角度所拍攝圖像完成標定點幾何校正即可修正偏差而算出流速。

表 4-1 圖像處理式流速測定法（STIV）概要一覽表

分析方法	時空圖像測速法 （STIV ，Space-Time Image Velocimetry）
分析方法概要	• 由攝影機影像（動畫）量測水表面流速之方法。 • 具體而言是由時間軸方向堆疊連續影像而在檢查線上的時空間圖像（時空圖像：橫軸為長度、縱軸為時間的維度）所呈現條紋類型的傾向算出水表面流速。
分析對象	• 連續拍攝的攝影機影像
適用範圍	• 約大於 0.1m/s（但水面有波紋的流況）
輸出值	• 檢查線上時間平均水表面流速的橫斷分布
特徵	• （檢查線上的）水表面流速的一個方向的向量。 • 因係從波紋移動速度算出水表面流速，不需浮標等追蹤工具，只用所拍攝的影像即能算出水表面流速。 • 不易因為距離攝影機架設地點太遠、影像解析度（單位：公分/像素）差而降低水表面流速解析精度，也不受攝影影像中雜物或遮蔽物影響。
課題	• 若不能在攝影機影像上看出水表面波紋就無法完成量測。 • 分析結果有人為誤差與分析誤差（特別是幾何校正造成的誤差）。 • 由水表面波紋移動速度算出水表面流速，因此會受風影響。
課題（共同）	• 攝影機影像若使用一般可見光攝影機（高感度攝影機除外），無法夜間監測，但有時搭配探照燈光即可監測。 • 因係攝影後再利用分析軟體進行分析，監測現場無法確認流速。

4.1.1 圖像分析方法（STIV）

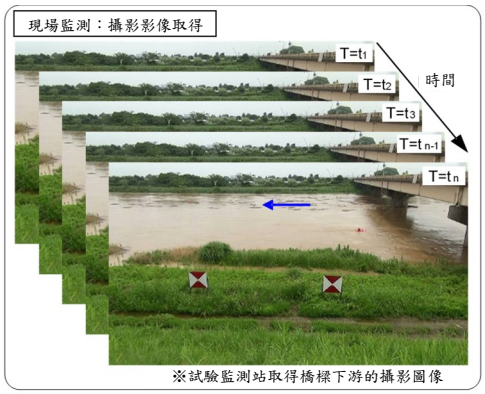
＜構 想＞

時空圖像測速法（STIV，Space-Time Image Velocimetry）係於用來量測流速的攝影機所拍攝水面設檢查線，分析該檢查線上的波紋移動速度而量測水表面流速之方法。

＜說 明＞

時空圖像測速法係於用來量測流速位置的攝影機所拍攝水面設檢查線，分析該檢查線上的波紋移動速度而量測水表面流速之方法。

時空圖像測速法比傳統大尺度粒子影像測速法（LSPIV，Large-Scale Particle Image Velocimetry） 不易受雜物與遮蔽物影響，即使監測時雨滴附著攝影機鏡頭或夜間攝影等惡劣條件所取得圖像，也能以此方法算出流速。







4.2 監測機器

＜必 須＞

使用圖像處理式流速量測法的高水流量監測，須以適合以錄影圖像進行圖像分析的攝影器材進行監測與記錄。

＜標 準＞

可用來實施圖像處理式流速量測法的攝影機如下。

- 高感度攝影機
- 遠端監測攝影機
- 遠紅外線攝影機

本資料之中的攝影機指上述三種，不含用來拍攝靜止畫面的數位相機等。

＜說明＞

各攝影機的特徵與適用性概要如下。

又，新規劃的監測地點須事前進行試驗監測，確認攝影角度內的波紋移動狀況。影像記錄裝置與影像鮮明化裝置等的機器類，須採用具耐高低溫等屋外環境的規格。此外，記錄裝置須具備記錄連續動畫的容量（應配合定期點檢，採用具連續錄影一個月左右錄影機能的機種）。

表 4-2 各種攝影機的特徵與適用性一覽表

種類	特徵	適用性
高感度攝影機	・和一般相機相比，配備較高 ISO（國際標準化組織）感光度 ・可固定設置 ・即使夜間光源很少仍能取得鮮明圖像	・即使夜間監測光源很少，仍能完成夜間高精度之監測 ・固定設置時可進行 24 小時無人監測 ・使用高感度攝影機有時會出現現場光源過多圖像產生暈影（光暈）而無法圖像分析的狀況，應先確認監測條件適當，並完成電子感光度調整與攝影方向調整
遠端監測攝影機	・也可使用既設的空間監測用遠端監測攝影機 ・可固定設置 ・現場不需監測員	・即使洪水時監測員無法到達的地點也能進行監測 ・即使無事前的測量，洪水時現地也無監測員，仍能完成監測，因此可用來進行緊急補遺監測 ・無光源或光源很少的地點無法完成監測
遠紅外線攝影機	・即使無夜間可見光仍能取得鮮明圖像 ・基本上採用固定設置	・可進行夜間高精度監測 ・固定設置時可進行 24 小時無人監測

4.2.1 高感度攝影機

＜標 準＞

能活用於圖像處理式流速量測法的高感度攝影機以滿足以下條件為準。

【攝影機的機器性能】

- 攝影機鏡頭：不太需要廣角，至少不要有不良影響的鏡頭
  ※避免使用魚眼攝影機等廣角鏡頭相機

【攝影機的畫質】

- 影格速率（frame rate）：以 30fps 為準，最少須 7.5fps。
- 攝影／記錄像素數：大於 200 萬像素

【攝影機的動畫記錄機能】

- 準備足以應付高水流量監測站需要之攝影時間或推估可能的洪水持續時間、具備充足容量之記錄媒體（HDD，硬碟等）。
- 所拍攝動畫採用 AVCHD（高畫質光碟壓縮技術）規格。
  AVCHD 規格係錄影機記錄高清晰度影像的一種規格。

＜建 議＞

最好準備可用於降雨時監測、具防水機能的相機機殼。

4.2.2 遠端監測攝影機

＜標 準＞

能活用於圖像處理式流速量測法的遠端監測攝影機以滿足以下條件為準。

【遠端監測攝影機的機器性能】　※ 遠端監測攝影機設備機器規格表（2021 年3 月）

- HDIP（高畫質）攝影機裝置
- HDIP（高畫質）攝影機裝置（高感光度）
- HDTP（高倍率） 攝影機裝置（高倍率）
- HDIP（高畫質）攝影機裝置（窄框型、高感光度）
- HD（高畫質）簡易型 IP（網路型監控）攝影機裝置
- 攝影機鏡頭至少不要有不良影響之鏡頭。
- 有預設機能，能重現洪水時的攝影視角。

【遠端監測攝影機的畫質】

- 影格速率：以 30fps 為準，最少須 7.5fps
  此外，遠端監測攝影機有些會在夜間降低影格速率而提高感光度，須事先確認機能。
- 攝影／記錄像素數：大於 200 萬像素

【遠端監測攝影機的動畫記錄機能】

- 可錄影日數：配合洪水攝影時間及影像回收所需時間的可錄影日數
- 記錄影格速率：與攝影圖像相同地以 30fps 為準，最少須 7.5fps

＜建議＞

可活用於圖像處理式流速量測法的遠端監測攝影機應符合以下條件。

【遠端監測攝影機的設置目的與用途】

河川監測用的遠端監測攝影機最好使用可適用於圖像處理式流速量測法、能設定視角的空間監測用遠端監測攝影機。

【遠端監測攝影機旋轉裝置的靜止精度】

遠端監測攝影機預設視角之靜止精度最好小於±0.05%。

【遠端監測攝影機動畫錄影機能】

能以遠端監測攝影機拍攝動畫。

可錄影日數最好大於 7 天（洪水時攝影約需 2 日，洪水過後的水防活動到回收影像所需時間在內，最好給 5 天左右較充裕的時間）。

＜說明＞

相機旋轉裝置讓遠端監測攝影機旋轉後流量監測用的預設視角上會顯示精度恢復。進行圖像處理式流速量測法分析，預設的圖像須進行幾何校正，視角會因此偏移、幾何校正精度降低，連流量監測精度也降低。目前規格靜止精度都小於±0.5°，最好讓靜止精度小於±0.05°。

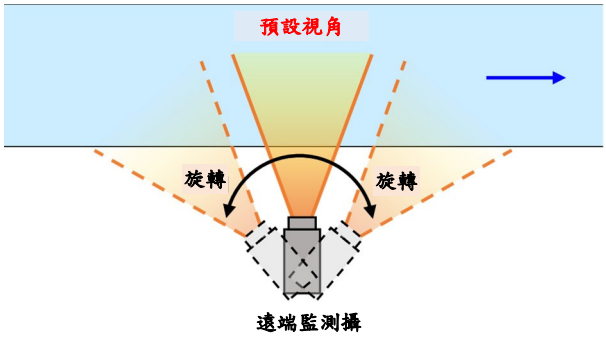
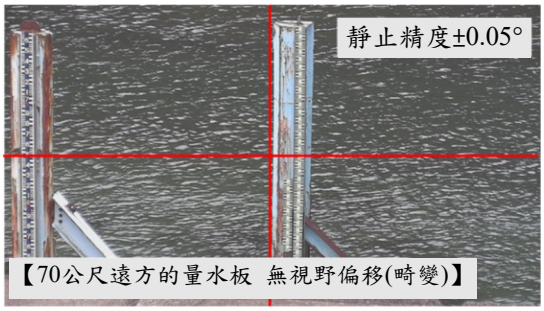
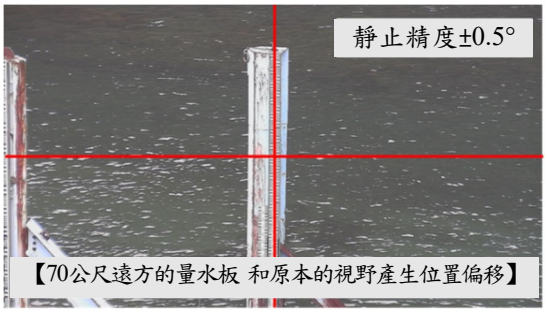
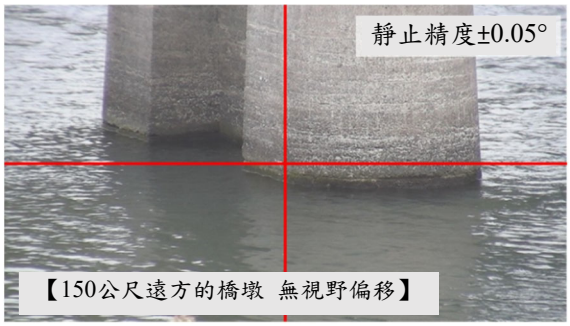
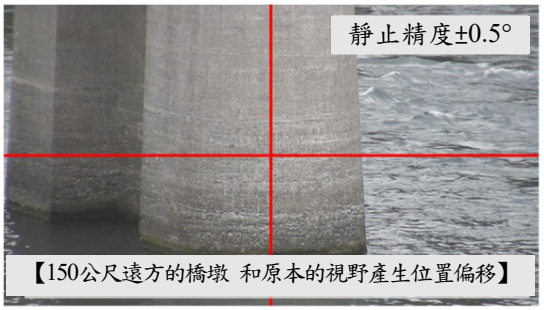


圖 4-1 旋轉裝置之「靜止精度」概念圖

表 4-3 旋轉裝置　靜止精度

<table>
<tr><td colspan="2">旋轉裝置　靜止精度　比較　70公尺 遠方的量水板</td></tr>
<tr><td>靜止精度±0.05°</td><td>靜止精度±0.5°</td></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td colspan="2">靜止精度±0.5°時量水板寬約30公分，視野產生變化</td></tr>
<tr><td colspan="2">旋轉裝置　靜止精度　比較　150公尺 遠方的橋墩</td></tr>
<tr><td>靜止精度±0.05°</td><td>靜止精度±0.5°</td></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td colspan="2">靜止精度±0.5°時對象橋樁產生約 3 公尺左右的視野變化</td></tr>
</table>

設定遠端監測攝影機可拍攝高影格速率影像，但記錄時有時可壓縮成低影格速率。此時所回收的影像較難分析，必要時應確認並改成高水流量監測用的遠端監測攝影機影像錄影設定。

4.2.3 遠紅外線攝影機

＜構　想＞

遠紅外線攝影機係拍攝周邊構造物等熱源所發出遠紅外線反射到水面波紋的影像，以此取得水表面流動影像並加以記錄。遠紅外線攝影機架設地點對岸等有混凝土構造物等時，熱源較長時間放射遠紅外線，水面辨識度提高。反之，霧氣彌漫會讓遠紅外線散亂，此時水面辨識度降低。

＜標　準＞

圖像處理式流速量測法所能應用的遠紅外線攝影機應符合以下條件。

【遠紅外線攝影機的機器性能】

- 攝影機感光元件：輸出影像解析度一致
- 鏡頭：能確保適當的視角且鏡頭儘量不要有不良影響
- 不論在何種自然環境條件下均能設置野外（能耐雨、耐高低溫與濕度）

【遠紅外線攝影機的影格效率】

- 影格效率以 30fps 為準。此外，必要的影格效率會因為河川流速與檢查線長度而改變。若只能設定低於標準的影格效率，應以能設定的最大值進行設定並確認能否進行量測。

【遠紅外線攝影機的錄影機能】

- 錄影時間：30 秒左右（配合攝影機的性能與現地狀況設定適當的時間長度）
- 可錄影日數：配合所需進行洪水拍攝的時間以及影像回收所需時間
- 影格效率：錄影之影格效率至少 7.5fps
- 不使用泛用產品而採用耐高溫特用產品
- 能以流速分析軟體所能處理的影像形式輸出者

＜建 議＞

圖像處理式流速量測法所能應用的遠紅外線攝影機最好滿足以下條件。

【遠紅外線攝影機的錄影機能】

- 能拍攝動畫並完成錄製
- 可錄影日數略多於從開始錄影到結束所需日數（洪水時錄影約需2日，洪水後實施水防活動等，到開始錄影時間為止，充裕的可拍攝日數最好5日以上）

【影像鮮明化裝置】

- 時空圖像測速法量測水表面流速時，在降雨、氣溫與水溫差等不同自然條件下，只靠遠紅外線攝影機，有時無法取得清晰水面波紋，難以完成時空圖像測速法水表面量測，此時最好搭配使用影像鮮明化裝置
- 使用影像鮮明化裝置時，其連接方法是遠紅外線攝影機連接影像鮮明化裝置再連接攝影機，且拍攝影像前應進行鮮明化處理
- 影像鮮明化裝置最好使用具備以下性能者
- 能進行遠紅外線攝影機的紅外線影像鮮明處理，直到能適切完成流速分析並可提升影像品質者
- 於國土交通省管河川曾用來進行高水流速監測並由其流速算出流量者（或其後續機種）

＜說 明＞

以影像鮮明化裝置進行鮮明化處理，對於經由錄影機壓縮之前的類比數據更具效果。因此各機器最好以下列順序連接。

遠紅外線攝影機

↓

影像鮮明化裝置

↓

錄影機

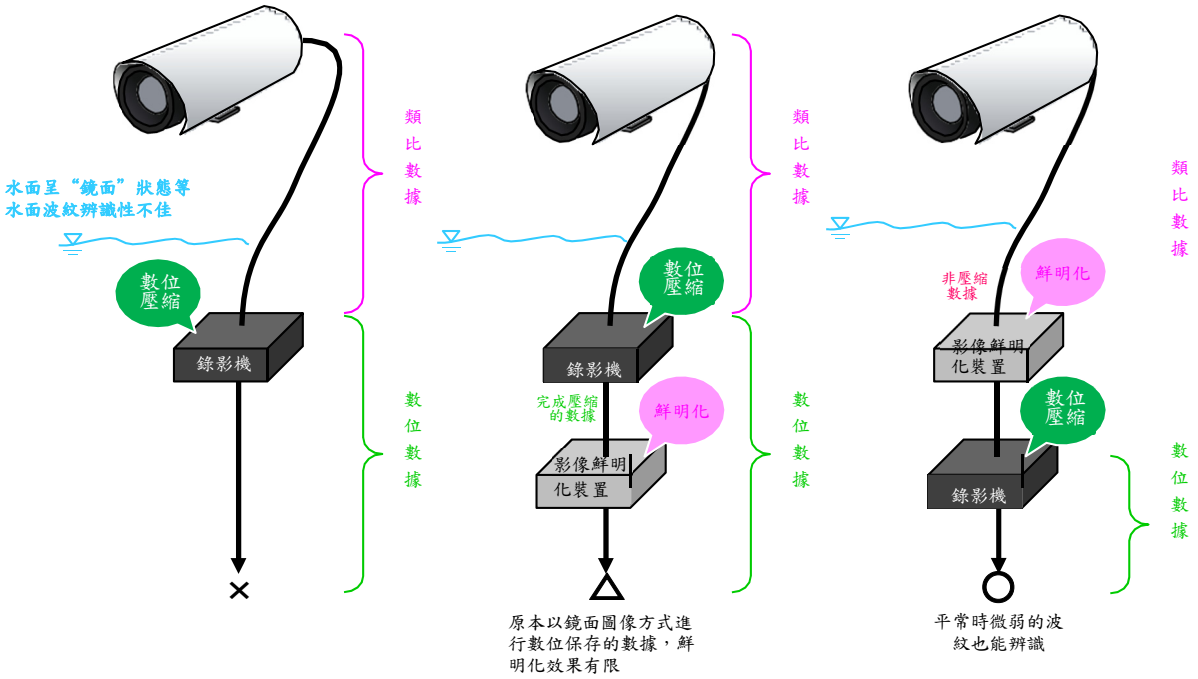
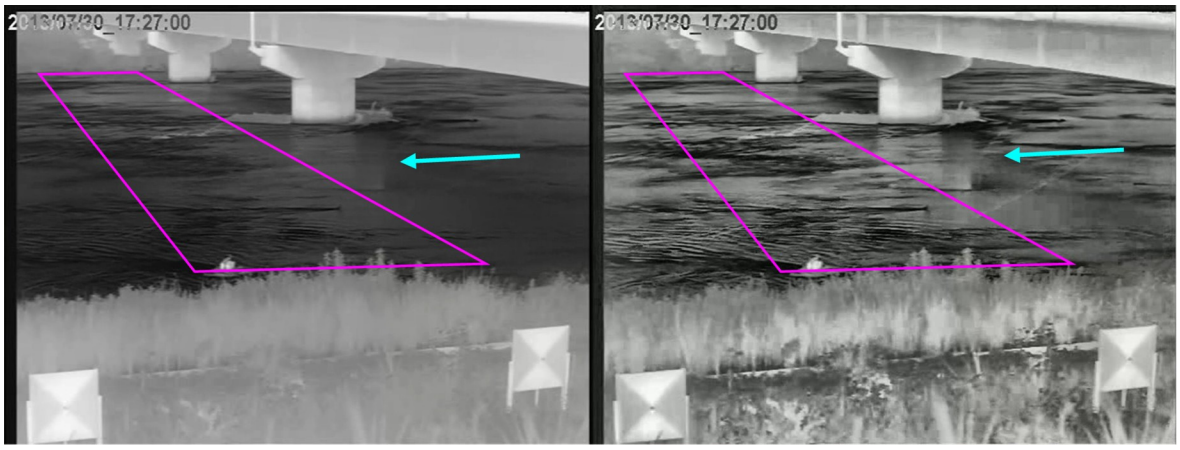


圖 4-2 以影像鮮明化裝置提高水面波紋辨識性的對策

表 4-4 有無影像鮮明化裝置

影像鮮明化處理前	影像鮮明化處理後※
	
評估	
・ 洪水時的遠紅外線攝影機所拍攝影像存入錄影機之後，針對數位影像進行鮮明化處理 ・ 水表面流速量測區域□顯示影像鮮明化處理前（左）水面呈“鏡面”，波紋不易辨識；影像鮮明化處理後（右）水面波紋辨識性提高。	

＜參考資料＞

1) 藤田一郎：実河川を対象とした画像計測技術、土木学会、2003 年度水工学に関する夏期研修会講義集、水工学シリーズ 03-A-2・
2) 島本重寿・藤田一郎・萬矢敦啓・柏田仁・浜口憲一郎・山﨑裕介：画像処理型流速測定法を用いた流量監測技術の実用化に向けた検討、土木学会河川技術論文集、第 20 巻、2014・
3) 河川砂防技術基準 調査編、pp.第2 章 第 4 節－16～第4 節－28、令和 4 年6 月・
4) 藤田一郎・小阪純史・萬矢敦啓・本永良樹：遠赤外線カメラを用いた融雪洪水の昼夜間表面流画像計測、土木学会論文集 B1（水工学）Vol.69 No.4、pp.I_703～I_708、2013・
5) 藤田一郎・霜野充・本田将人・小阪純史・萬矢敦啓・本永良樹：河川流速計測の汎用化に向けた STIV システムの精度検証、河川技術論文集、第 19 巻、pp.141～146、2013・
6) 藤田一郎・原浩気・萬矢敦啓：河川モニタリング動画を用いた非接触型流量計測法の精度検証と準リアルタイム計測システムの構築、土木学会水工学論文集、第 55 巻、pp.1177～1182、2011・
7) 藤田一郎・安藤敬済・堤志帆・岡部健士：STIV による劣悪な撮影条件での河川洪水流計測、土木学会水工学論文集、第 53 巻、pp.1003～1008、2009・
8) 藤田一郎・椿涼太：時空間画像を利用した河川表面波紋の移流速度計測、土木学会河川技術論文集、第 9 巻、pp.55～60、2003・
9) 藤田一郎・椿涼太：小俯角のビデオ画像に対応した河川表面流計測手法の開発、pp.475～478、河川技術論文集第 7 巻、2001・

4.3 監測位置之選定

＜構 想＞

使用圖像處理式流速量測法時，應選定容易取得流速量測地點附近水位（洪水時）與橫斷面測量（洪水前後）成果，且流速量測範圍預設視角可拍攝之地點。除此之外，最好也能一併注意標定點設定位置及標定點的種類。

＜標 準＞

可運用圖像處理式流速量測法 STIV 的監測位置以下為準。

【監測位置】

- 水位與流量監測站
- 圖像處理式流速量測法必須進行流量監測之地點
- 可以一定攝影機視角拍攝監測對象範圍及兩岸標定點的位置
- 無漩渦流或偏流的位置

【周邊環境】

- 使用圖像處理式流速量測法 STIV 時，應注意攝影機放在能拍攝水表面波紋的位置

【縱斷位置】

- 使用圖像處理式流速量測法 STIV，原則上攝影機架設在水位基準斷面或浮標監測第一測線與第二測線之間，橫斷面通視良好且無植栽等障礙物影響流況的位置
- 會受水位基準面或第一測線到第二測線之間橋墩影響時，應選擇橋樑上游且與橋樑有足夠距離、不會受橋墩影響的位置

＜建 議＞

可使用圖像處理式流速量測法 STIV 的監測位置最好滿足以下條件。

【監測位置】

- 儘可能靠近所要量測區間的地點

  ※攝影機器性能會因為攝影時的環境不同造成流速量測範圍改變，因此建議針對攝影機與不同監測環境一一驗證。2022 年 3 月目前所能取得的既有分析結果顯示，量測的流速範圍有從攝影機架設位置橫斷方向達 280 公尺的案例。但該案例係晴朗且通視良好條件之監測結果。現地狀況有時會改變，因此最好進行現地試驗，確認適當的監測位置。

【縱斷位置】

- 運用圖像處理式流速量測法 STIV，攝影機應架設在能拍攝與流向直交方向的位置
- 運用圖像處理式流速量測法 STIV，攝影機應架設在基準斷面、第一通視斷面或第二通視斷面任何一者的位置

【周邊環境】

- 運用圖像處理式流速量測法 STIV，攝影機應架設在即使計畫規模洪水或更大規模洪水也能掌握流速橫斷分布的位置

＜說 明＞

(1) 監測位置

圖像處理式流速量測法若有錄影機、標定點及水位計，就能在有必要進行流量監測的地點進行監測。因需量測水位，基本上應在有設水位計或水位標的水位與流量監測站進行監測。

(2) 周邊環境

圖像處理式流速量測法須取得水面影像，若樹木等妨礙通視，就無法監測。

STIV因係以水面波紋等計算流速，若水面呈鏡面或無法看到波紋的地點，就無法監測。最好事前以過去的洪水照片或遠端監測攝影機影像等確認監測對象地點的水面狀況。

(3) 縱斷面位置

運用 STIV 應注意標定點的設置位置或視角與水面寬的關係，儘可能朝與流向直交的方向拍攝。攝影機應避免設在紊流明顯的橋樑正下方。

（參 考）

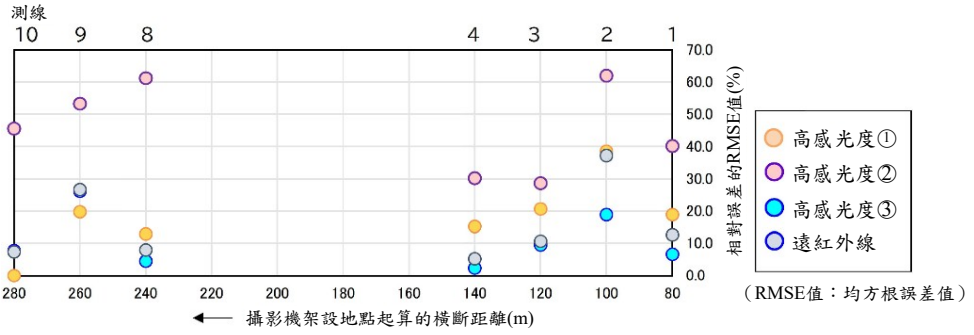


圖 4-3 有效量測距離之確認

4.3.1 高感度攝影機

＜建 議＞

可活用圖像處理式流速量測法STIV的高感度攝影機監測位置最好滿足以下條件。

【周邊環境】

- 能以最大俯角拍攝水面的位置
- 不會受車輛與行人通過影響且監測期間能原地留置的地點
- 使用圖像處理式流速量測法STIV，若周邊有外燈，則即使夜間也能藉此辨識水面波紋的位置更好

【縱斷面位置】

- 基本上採用無人監測方式，水位基準斷面或從浮標監測的第一斷面到第二斷面之間，最好為橫斷面能通視且無植栽等通視障礙物的位置
- 河川橫斷面很寬時，應先確認攝影機性能，需能從兩岸進行拍攝

＜說 明＞

以圖像處理式流速量測法（STIV）進行高水流量監測，應選定適切的高感度攝影機設置位置，而且不只進行（水表面）流速量測，也需能算出高水流量。

因此，高感度攝影機設置位置與相機視角之設定，需注意不只能完成流量（流速）「監測」，也需能完成流量「計算」

(1) 設置位置

活用圖像處理式流速量測法進行高水流量監測時，高感度攝影機設置地點依分析方法，應循下頁所示之注意事項選定設置位置。

高感度攝影機設置位置著眼點如以下表4-5及圖4-4所示。

表 4-5高感度攝影機設置位置選定著眼點

著眼點	具體理由	攝影機設置地點建議
著眼點 1： 圖像處理式流速量測法之圖像分析要件	・ 進行流量計算需一併取得水位與橫斷面測量成果 ・ 以STIV分析方法進行幾何校正須有水位數據。 ・ 一般而言，流量監測站有基準斷面與第一、第二通視斷面，在基準斷面量測其常時水位。	・ 最好是能使用既有的基準斷面水位計設置位置。 ・ 其次，最好是有設水位標的第一通視斷面與第二通視斷面的位置。
著眼點 2： 水表面波紋之辨識	・ 需所拍攝影像能明顯辨識水面波紋。 ・ 夜間攝影有時會出現波紋完全無法辨識的狀況。 ・ 水面若產生暈光，有時會出現無法辨識波紋或追縱劑的狀況。	・ 遠端監測攝影機朝對岸的俯角越大越好，至少需有5°左右。 ・ 夜間攝影若附近有光源，也有可能進行波紋攝影。附近有街燈或建築物光線等光源的地點，應確認其具夜間能見度辨識性，並評估適當的設置地點。 ・ 洪水期間早晚太陽高度降低時，選擇比較不會產生水面暈光的位置。
著眼點 3： 橋墩與橫向水流造成紊流	攝影範圍內橋墩尾流影響的位置或橫向水流進入等偏流的位置，水面波紋紊亂因而難以測得流下方向分量的水表面流速。	攝影機最好設在橋樑上游側或與橋樑有充分距離而不會受橋墩尾流影響的位置。
著眼點 4： 攝影範圍	有些位置會在計畫規模洪水時，有可能無法將整個水面收進鏡頭的狀況。	攝影機應儘可能設在即使計畫規模或甚至更大洪水時也能掌握水表面流速橫斷面分布的位置
著眼點 5： 水表面流速量測之範圍	應儘可能包含STIV所取得水表面流速橫斷面分布之範圍。	最好設在堤防附近，以便取得與流下方向直交的視角。
著眼點 6： 確保電源	錄影機操作需有安定的電源。基本上可運用商用電源。	・ 最好設在監測站及其附近，確保能從監測站小屋AC電源（交流電）取得電源。

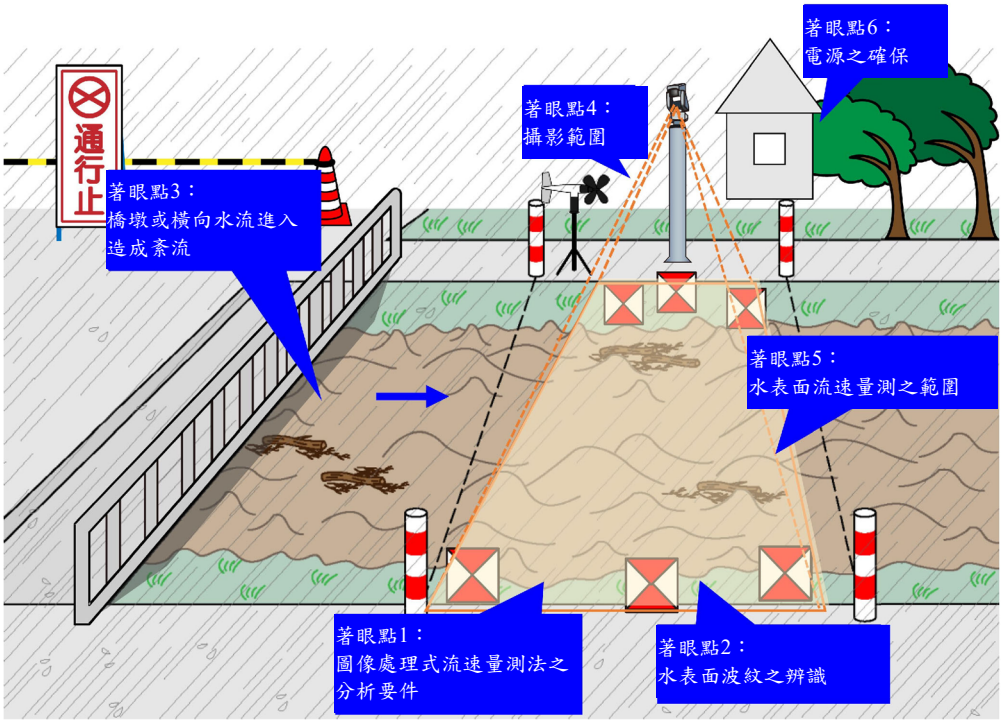


圖 4-4 高感度攝影機設置地點選定著眼點

4.3.2 遠端監測攝影機

＜建 議＞

圖像處理式流速量測法可活用「STIV」的遠端監測攝影機監測位置，最好滿足以下條件。

【縱斷面位置】

圖像處理式流速量測法採用STIV，在無人監測時，最好相機架設在基準斷面的橫斷面上或其附近。

＜說　明＞

活用遠端監測攝影機圖像與圖像處理式流速量測法的高水流量監測，需選定適切的遠端監測攝影機設置位置，不只進行（水表面）流速量測，還得算出高水流量。

因此，遠端監測攝影機之設置位置與相機視角設定，需注意不只進行流量（流速）監測，也需完成流量計算。

(1) 設置位置

活用圖像處理式流速量測法進行高水流量監測時，遠端監測攝影機設置地點根據不同圖像分析方法依下頁所示之著眼點選定設置位置。

遠端監測攝影機設置位置考慮時之著眼點，如以下表4-6及圖4-5所示。

表 4-6遠端監測攝影機設置地點選定著眼點

著眼點	具體理由	攝影機設置地點建議
著眼點 1： 圖像處理式流速量測法之圖像分析要件	・ 進行流量計算需一併取得水位與橫斷面測量成果 ・ 以STIV分析方法進行幾何校正須有水位數據。 ・ 一般而言，流量監測站有基準斷面與第一、第二通視斷面，在基準斷面量測其常時水位。	・ 最好是能使用既有的基準斷面水位計設置位置。 ・ 其次，最好是有設水位標的第一通視斷面與第二通視斷面的位置。
著眼點 2： 水表面波紋之辨識	・ 需所拍攝影像能明顯辨識水面波紋。 ・ 夜間攝影有時會出現波紋完全無法辨識的狀況。 ・ 水面若產生暈光，有時會出現無法辨識波紋或追縱劑的狀況。	・ 遠端監測攝影機朝對岸的俯角越大越好，至少需有5°左右。 ・ 夜間攝影若附近有光源，也有可能進行波紋攝影。附近有街燈或建築物光線等光源的地點，應確認其具夜間能見度辨識性，並評估適當的設置地點。 ・ 洪水期間早晚太陽高度降低時，選擇比較不會產生水面暈光的位置。
著眼點 3： 橋墩與橫向水流造成紊流	攝影範圍內橋墩尾流影響的位置或橫向水流進入等偏流的位置，水面波紋紊亂因而難以測得流下方向分量的水表面流速。	攝影機最好設在橋樑上游側或與橋樑有充分距離而不會受橋墩尾流影響的位置。
著眼點 4： 攝影範圍	有些位置會在計畫規模洪水時，有可能無法將整個水面收進鏡頭的狀況。	攝影機應儘可能設在即使計畫規模或甚至更大洪水時也能掌握水表面流速橫斷面分布的位置
著眼點 5： 水表面流速量測之範圍	應儘可能包含STIV所取得水表面流速橫斷面分布之範圍。	最好設在堤防附近，以便取得與流下方向直交的視角。
著眼點 6： 確保電源	錄影機操作需有安定的電源。基本上可運用商用電源。	・ 最好設在監測站及其附近，確保能從監測站小屋AC電源（交流電）取得電源。

※過去的研究報告顯示，寬約100公尺的河川於對岸側1.7°俯角攝影，可取得高精度水表面流速[1)]

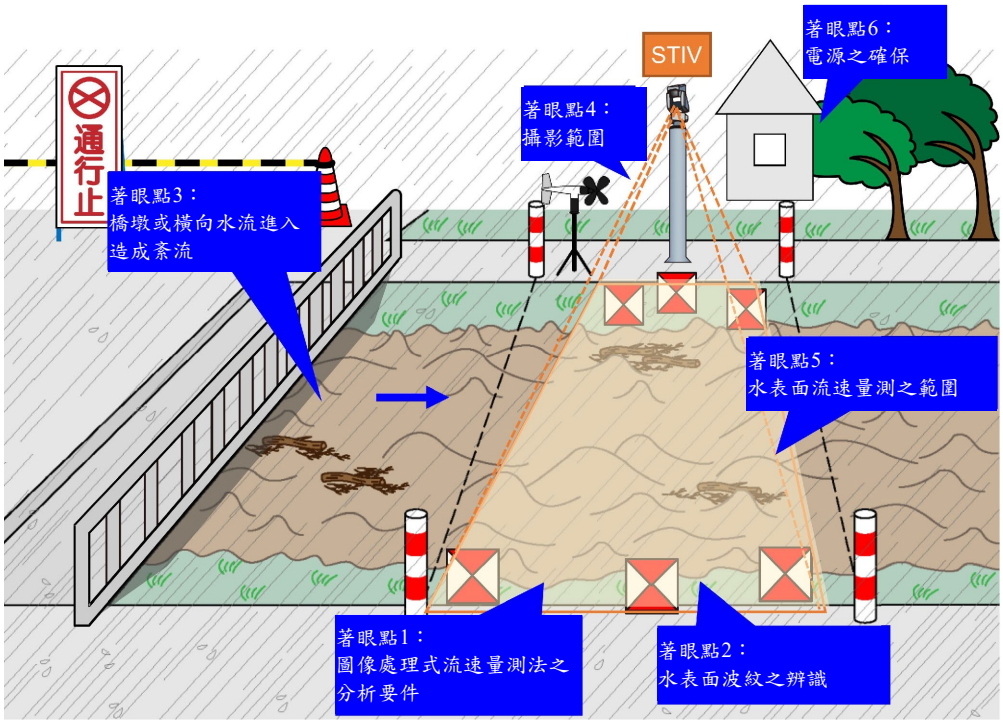


圖 4-5 遠端監測攝影機設置地點選定之著眼點

4.3.3 遠紅外線攝影機

＜建 議＞

圖像處理式流速量測法可活用STIV的遠紅外線攝影機監測位置最好滿足以下條件。

【周邊環境】

遠紅外線攝影機設置位置若能確保遠紅外線攝影機攝影範圍內有可作為熱源的河川構造物或堤內公寓大樓等，應設在基準斷面上。若對岸等的遠處混凝土構造物等熱源無法進入視角，則設在能拍攝到流量監測站附近橋樑為熱源的遠紅外線之水面反射的位置。

＜說 明＞

在本入門（案）對活用遠紅外線攝影機影像與時空圖像測速法進行高水流量監測是有目的的，除了需進行（水表面）流速量測之外，也需進行高水流量計算。

為此，應設定不只完成流量（流速）監測，也能完成流量計算的遠紅外線攝影機設置位置與攝影機視角。

(1) 設置位置

以圖像處理式流速量測法（STIV）進行高水流量監測時，遠紅外線攝影機需設在適切的位置，且設定適當的視角。

設置地點選擇之著眼點如表4-7及圖4-6所示。具體的遠外線攝影機設置示意圖如**圖**4-7所示。該圖係採固定式遠紅外線攝影機。但若要拍攝第一通視斷面與第二通視斷面時，有必要另外進行洪水水位監測並設置水位計。

表 4-7遠紅外線攝影機設置地點選定著眼點

著眼點	具體理由	相機設置位置建議
著眼點 1： 流量計算橫斷面	・ 計算流量應一併掌握水位與橫斷面測量成果 ・ 通常流量監測站會有基準斷面、第一與第二通視橫斷面，在基準斷面量測常時（常態）水位	・ 最好設在基準斷面的位置。 ・ 遠紅外線攝影機若無法確保拍攝範圍內河川構造物或建築物等熱源，可設在流量監測站的橋樑上游側。
著眼點 2： 橋墩與橫向水流造成紊流	攝影範圍內橋墩尾流影響的位置或橫向水流進入等產生偏流的位置，水面波紋紊亂，因而難以測得所想瞭解流下方向分量的水表面流速。	攝影機最好設在橋樑上游側或與橋樑有充分距離而不會受橋墩尾流影響的位置。
著眼點 3： 攝影範圍	有些位置會在計畫規模洪水時，出現無法將整個水面收進鏡頭的狀況。	攝影機應儘可能設在即使計畫規模或甚至更大洪水時也能掌握水表面流速橫斷面分布的位置
著眼點 4： 水表面流速量測之範圍	應儘可能取得圖像處理式流速量測法所需水表面流速之橫斷面分布	攝影機最好設在堤防附近，視角為幾乎與流量計算斷面平行的方向。
著眼點 5： 應確保拍攝水面波紋能清楚辨識影像所需之熱源	所拍攝影像需能清楚辨識水面波紋	・ 遠紅外線攝影機拍攝範圍內若無法確保河川構造物或公寓等熱源，攝影機應設在流域監測站的橋樑上游側。 ・ 鏡頭應以適當的俯角與高度，設在能有效掌握從熱源向水面反射的位置。 ※ 運用監測站附近橋樑（橋墩）、護岸或附近公寓、大樓等做為熱源 ※ 無河川構造物與公寓等熱源時，運用後述的影像鮮明化裝置或熱傳導片
著眼點 6： 確保電源	錄影機操作需有安定的電源。基本上可運用商用電源。	・ 最好設在監測站及其附近，確保能從監測站小屋AC電源（交流電）取得電源。

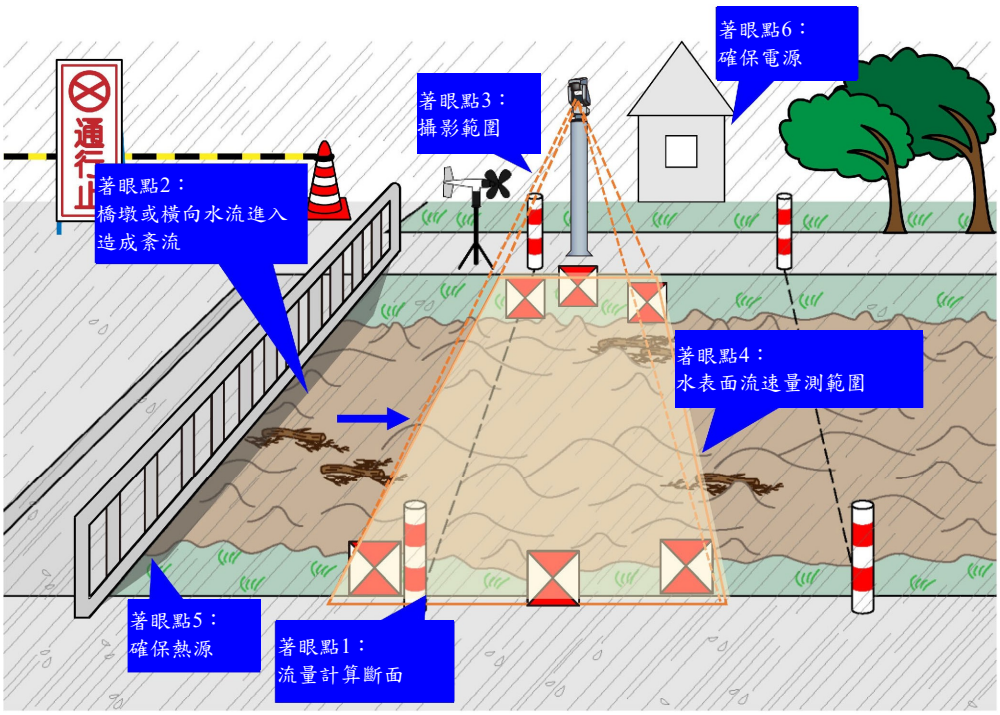
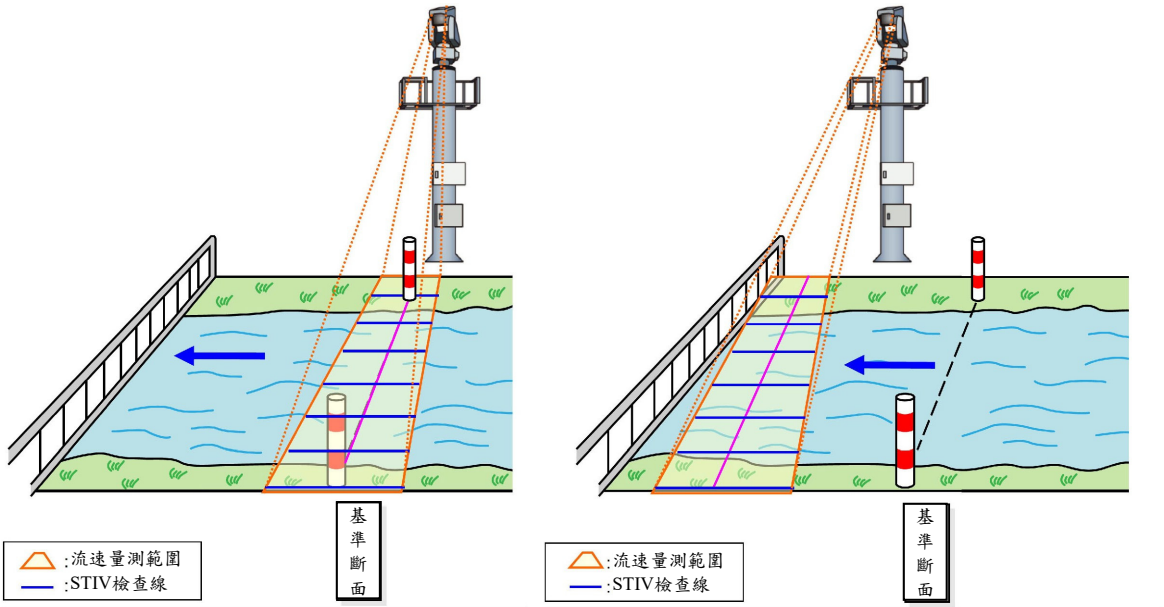


圖 4-6 選定遠紅外線攝影機設置地點之著眼點



(a)遠紅外線攝影機設在基準斷面的延長線上
- 遠紅外線攝影機鏡頭朝與斷面平行的方向。
- 遠紅外線攝影機鏡頭朝下，將到遠紅外線攝影機設置岸（上圖為右岸）的堤防肩為止都納入視角。
- 但也可考慮將到對岸（上圖為左岸）堤防肩為止納入視角。

(b)遠紅外線攝影機設在流量監測站附近橋樑上游部
- 遠紅外線攝影機朝橋樑上游端的橫斷面方向。
- 遠紅外線攝影機鏡頭朝下，將到遠紅外線攝影機設置岸（上圖為右岸）的堤防肩為止都納入視角。
- 但也可考慮將到對岸（上圖為左岸）堤防肩為止納入視角。

圖 4-7 遠紅外線攝影機適當的設置位置示意圖

(2) 自然環境依存性

以遠紅外線攝影機進行高水流量監測時，所拍攝的遠紅外線攝影須有水面波紋。

遠紅外線攝影無法呈現水面波紋的條件如表4-8所示，為至目前2022年3月所獲得。遠紅線攝影對自然環境的依存性檢討結果，如表4-9所示。

但即使有這種狀況，也未必所有監測站都不適合使用遠紅外線攝影機，最好針對各監測站一一進行遠紅外線攝影機現地驗證。

由上可知，自然環境因素可能造成遠紅外線攝影機無法發揮監測機能，如「**遠紅外線攝影機的設置位置與視角設定**」及「**遠紅外線攝影機的機能性能**」所示，最好在本身就是熱源的物體附近進行遠紅外線攝影機攝影，且搭配使用影像鮮明化裝置。

表 4-8 遠紅外線攝影機無法完成監測的條件（案例）

狀況	具體內容
存在著構造物	・ 遠紅外線攝影機係以鏡頭補捉物體所放射遠紅外線經水面反射的影像。 因此，使用遠紅外線攝影機需高水流量監測站附近有持續放射遠紅外線的構造物（橋樑或橋墩、混凝土護岸、公寓等住宅等）。 ・ 高水位（HWL）之視角範圍幾乎就是水面，水面波紋難以辨識，此時攝影機須設在高水位構造物等熱源也能進入視角的地方。
降雨	・ 檢討過去成果發現，遠紅外線攝影機監測效果會受降雨強度影響，大於20公厘/小時的降雨時，原本能辨識的波紋變成影像模糊。 ・ 夜間即使少雨量也可能降低影像品質（8～9點，2～5公厘/小時），而且時間經過越長影像品質越差。 ・ 過去的監測結果顯示，天黑後9小時之降雨或強度大於20公厘/小時，為波紋難以辨識之臨界值。
氣溫與水溫差	・ 氣溫高於水溫且差距相當大時，不分晝夜波紋辨識性都很高。 ・ 但若氣溫低於水溫且差距相當大，白天辨識性還好，夜間則不佳。上述差異的原因是，遠紅外線攝影機所拍攝影像低溫時呈黑色，高溫時呈白色，因此若氣溫比水溫還低，水面看起來泛白，細微波紋拍不出來。 ・ 氣溫與水溫差小（±1度）時，大概不分晝夜波紋辨識性皆佳。
霧	・ 有時濃霧發生就難以監測。

表 4-9遠紅外線攝影機的環境依存性

（a）白天降雨、日出後經過時刻的環境依存性

日出後經過的時間	雨量（mm/hr）						
	0	0.5～2	2～5	5～10	10～20	20～50	50～
0～1 小時	★	★	★			★	
1～2 小時						★	★
2～3 小時						★	★
3～4 小時						★	★
4～6 小時						★	★
6～12 小時			★	★	★		★

※無實際監測案例時於安全側進行補遺。

（b）夜間降雨、日落後經過時刻的環境依存性

日落後經過的時間	雨量（mm/hr）						
	0	0.5～2	2～5	5～10	10～20	20～50	50～
1～4小時	★	★	★	★	★	★	
4～6小時					★	★	★
6～8小時					★	★	★
8～9小時			★		★	★	★
9～10小時						★	★
10～11小時					★	★	★
11～12小時					★		

※無實際監測案例時於安全側進行補遺。

（c）白天、夜間對於氣溫水溫差的環境依存性

	氣溫－水溫（℃）							
	－4～－3	－3～－2	－2～－1	－1～0	0～＋1	＋1～＋2	＋2～＋3	＋3～＋4
白天	★	★	★					★
夜間		★	★	★	★		★	★

※無實際監測案例時於安全側進行補遺。

能明顯辨識波紋
有點難以辨識波紋
難以辨識波紋
無法辨識波紋
★ 實際監測站取得的成果

4.4 監測準備

4.4.1 視角設定

＜構　想＞

攝影機視角設定是圖像處理式流速量測法最重要的工作項目。

圖像處理式流速量測法並非量測流速即可，最終目標仍是算出洪水流量，因此有必要事先設定適當的視角。亦即，應於能容易取得流速量測的地點附近水位（洪水時）或橫斷面測量（洪水前後）成果範圍內設定流速量測範圍，設定能拍攝該流速量測範圍的視角。此外，最好視角內標定點的設定位置與標定點種類等也都事先處理好。

＜標 準＞

實施圖像處理式流速量測法的標準視角設定方法如下。

- 將量測範圍及兩岸標定點以及可當作標定點使用的既有構造物等都收入攝影的視角範圍內
- 也可使用變焦機能；與流速、流量計算無關的空中及其他部分，不納入視角範圍
- 使用圖像處理式流速計時，有時會出現拍攝目標地點草本繁茂造成圖像雜亂、難以分析的狀況。此時需適度砍伐草木

＜建 議＞

進行圖像處理式流速量測法，視角設定的注意事項如下。

- 俯角越大越好
- 計算高水流量時的視角設定，最好即使超過計畫規模的大洪水也能拍到左右岸水面邊緣
- 視角之設定最好將流速量測範圍放在畫面中央
- 有時會有大規模洪水突然淹沒標定點，因此應儘可能使用既有構造物等做為標定點
- 視角之設定需能拍攝到流向直交方向

＜說　明＞

如下圖所示，有時也會出現鏡頭前方水面不在視角範圍內，天空等與流速、流量計算無關的部分卻納入視角的情況。此等場合在左岸視角無法取標定點，幾何校正精度降低，流速與流量計算精度也不高。

圖像分析時應剔除不需要的部分，左右岸岸邊的水面儘量納入視角。



圖 4-8 不適當的視角設定案例

(1) 高感度攝影機等視角設定方法（流速量測範圍之設定）

＜構　想＞

高感度攝影機視角設定除了「4.4.1 視角設定」的一般視角設定方法之外，設定視角最好也考量周邊環境之中有光源的位置等。

・夜間攝影應調整視角，避免橋樑外燈、車輛頭燈與建築物照明等周邊環境光源擴大與水面之明暗對比。

＜建　議＞

進行時空圖像測速法設定高感度相機視角，最好設定大一點的俯角。

・視角最好排除天空等不需要的部分，且視角範圍內進行必要的明暗調整。
・監測對象儘可能放在畫面中央，避免畫面上端出現天空。

＜說　明＞

天空進入視角範圍會讓攝影範圍內縱深過大而降低圖像分析精度。視角應儘量排除對岸天空，並且最好擴大俯角，調整視角內的明暗。

(2) 遠端監測攝影機的視角設定方法（流速量測範圍之設定）

＜構　想＞

遠端監測攝影機多使用既設的，其所設定的未必是最適當視角。攝影機設置位置應儘可能設定適當的視角，以便掌握最大的監測範圍。

＜說 明＞

1) 時空圖像測速法視角設定

時空圖像測速法係量測檢查線上的水表面流速，因此最好將基準斷面（或第一通視斷面、第二通視斷面其中之一）設在檢查線接近中央的位置。如此就能以既有的水位計量測水位，於一般洪水前後（最少一年1次）量測橫斷面形狀，大致上，傳統浮標測法進行高水流量監測實施範圍內也可進行流量計算。

圖4-9為時空圖像測速法視角設定概念圖。高水流量監測地點附近的遠端監測攝影機視角，一般以與流向直交的方向為宜。表4-10為具體案例說明。另外，圖4-9之外的案例，表4-11有具體說明。

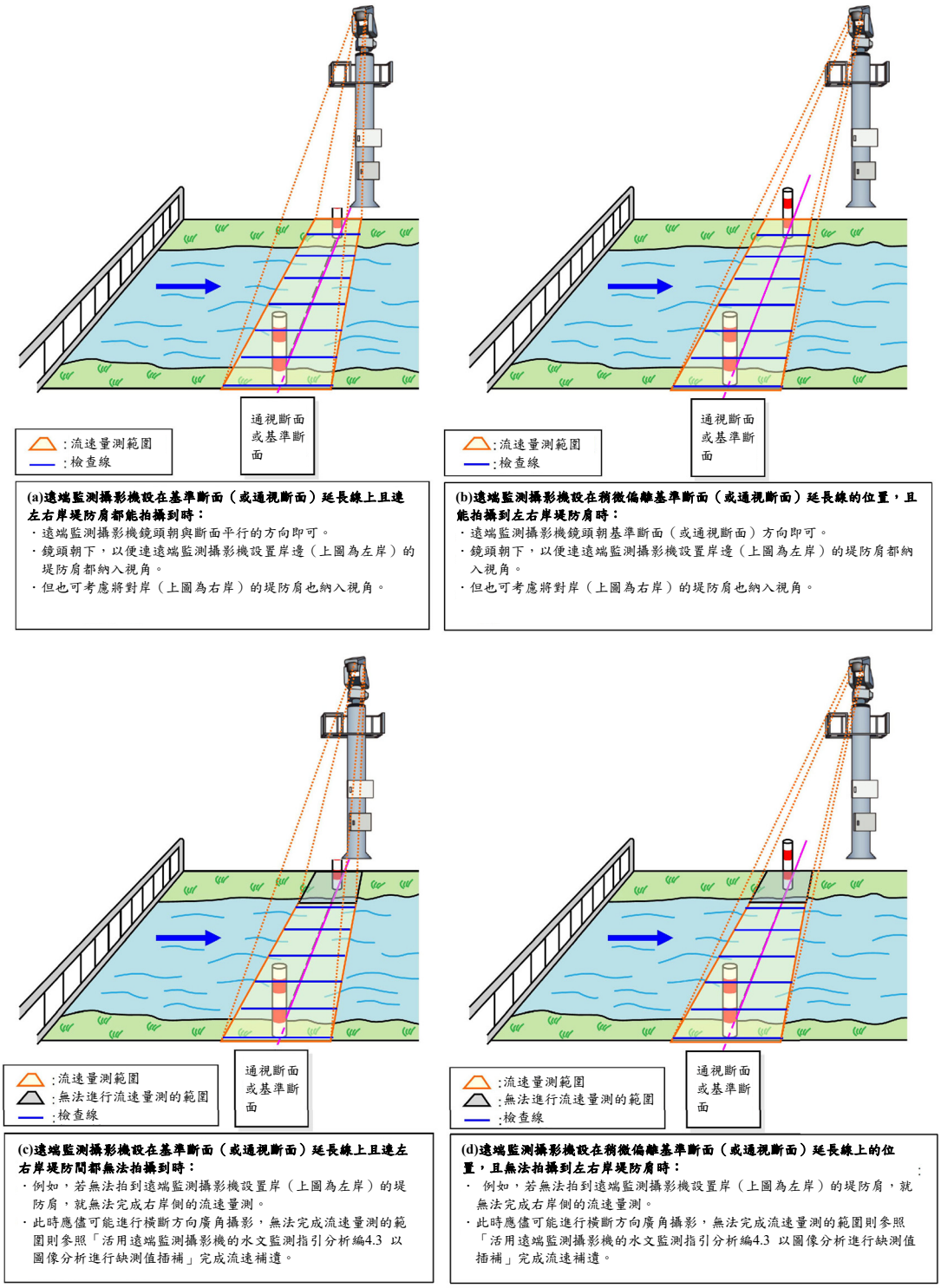


圖 4-9時空圖像測速法視角設定概念圖

※活用遠端監測攝影機的水文監測指引(流量監測編)(案)解析編，2015年，國土交通省

表 4-10時空圖像測速法視角設定案例（1/4）（圖4-9（a）的案例）

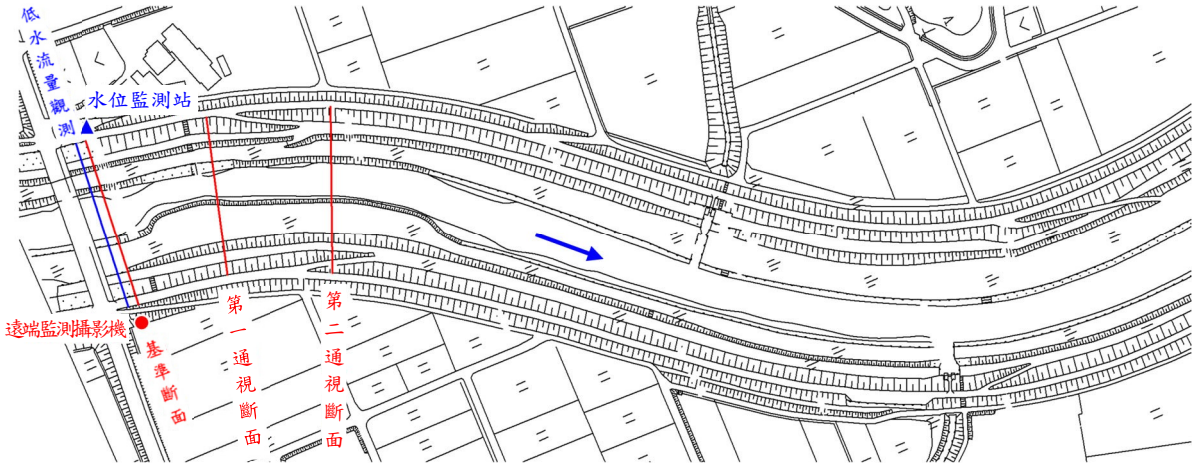
<table>
<tr><td colspan="2">監測站斷面配置圖</td></tr>
<tr><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td>預設視角（通常）</td><td>高水流量監測用的預設視角</td></tr>
<tr><td></td><td>
</td></tr>
<tr><td>切換成高水流量監測用的視角預設構想</td><td colspan="2">・ 遠端監測攝影機位於基準斷面的延長線上，通常以預設視角拍攝基準斷面，一開始就幾乎能滿足時空圖像測速法設定視角所需條件
・ 通常預設視角無法從遠端監測攝影機設置岸拍攝到堤防肩，若能以更望遠的方式，就能拍攝左右岸甚至拍到堤防肩橫斷範圍</td></tr>
</table>

表 4-10時空圖像測速法視角設定案例（2/4）（圖4-9（b）之案例）

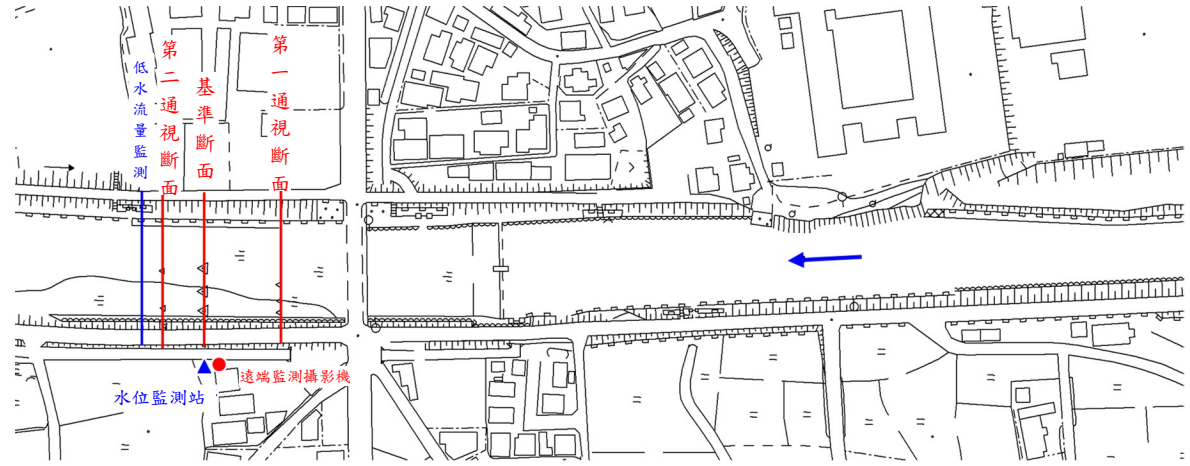
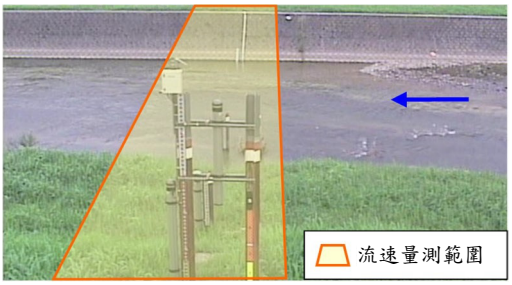
<table>
<tr><td colspan="2">監測站斷面配置圖</td></tr>
<tr><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td>預設視角（一般）</td><td>高水流量監測用的預設視角</td></tr>
<tr><td></td><td>
</td></tr>
<tr><td>切換成高水流量監測用預設視角之構想</td><td colspan="2">・ 遠端監測攝影機雖設在基準斷面延長線稍上游的位置，但以一般預設視角拍攝基準斷面，一開始即應滿足時空圖像測速法視角設定條件（能拍攝流速量測範圍、左右岸以及到達堤防肩為止的橫斷範圍）
・ 因此，一般都直接採用預設視角</td></tr>
</table>

表 4-10時空圖像測速法視角設定案例（3/4）（圖4-9（c）之案例）

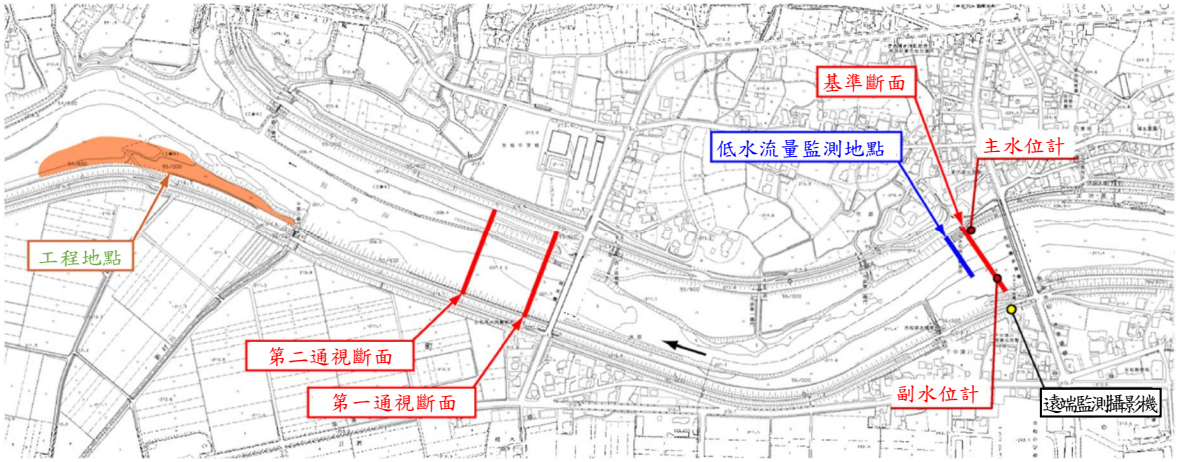
<table>
<tr><td colspan="2">監測站斷面配置圖</td></tr>
<tr><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td>預設視角（一般）</td><td>高水流量監測用的預設視角</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>切換成高水流量監測用預設視角之構想</td><td>・ 遠端監測攝影機設在基準斷面延長線上
・ 預設視角一般不拍攝基準斷面而是拍攝上游橋樑方向
・ 遠端監測攝影機的視角往基準斷面方向修正視角
・ 另一方面，因無法一直拍攝到遠端監測攝影機設置岸所在之左岸堤防肩，因此高水位時拍不到左岸側範圍，以致水表面流速未量測</td></tr>
</table>

表 4-10時空圖像測速法視角設定案例（4/4）（圖4-9（d）之案例）

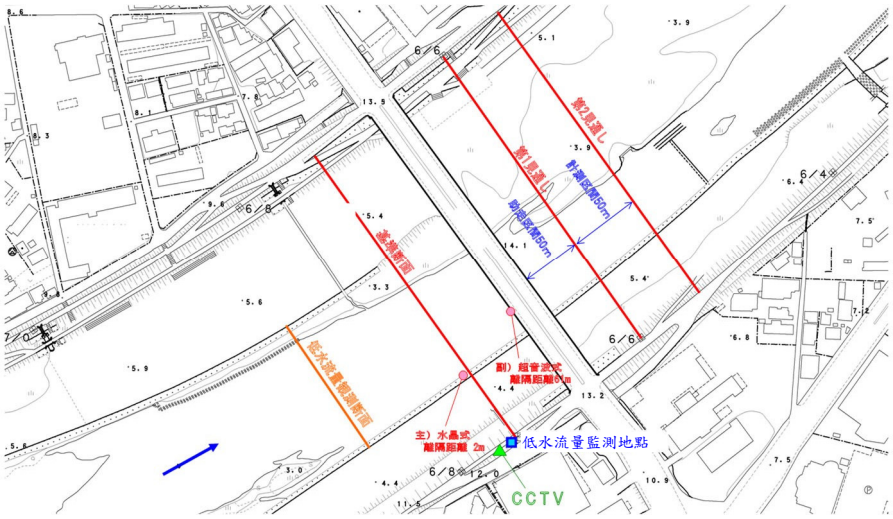
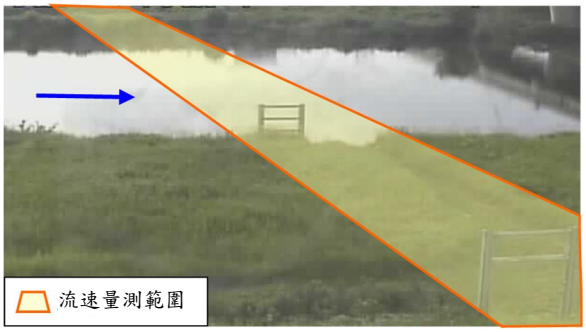
<table>
<tr><td colspan="2">監測站斷面配置圖</td></tr>
<tr><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td>預設視角（一般）</td><td>高水流量監測用的預設視角</td></tr>
<tr><td></td><td>
</td></tr>
<tr><td>切換成高水流量監測用預設視角之構想</td><td colspan="2">・ 遠端監測攝影機設在基準斷面延長線稍上游，一般預設視角主要拍攝基準斷面上游橋樑
・ 遠端監測攝影機往基準斷面方向修正視角
・ 另一方面，無法拍攝到遠端監測攝影機設置岸所在之右岸堤防肩，因此高水位時無法拍攝右岸側範圍之水表面流速而未量測</td></tr>
</table>

表 4-11時空圖像測速法視角設定案例（1/2）（圖4-9之外的案例）

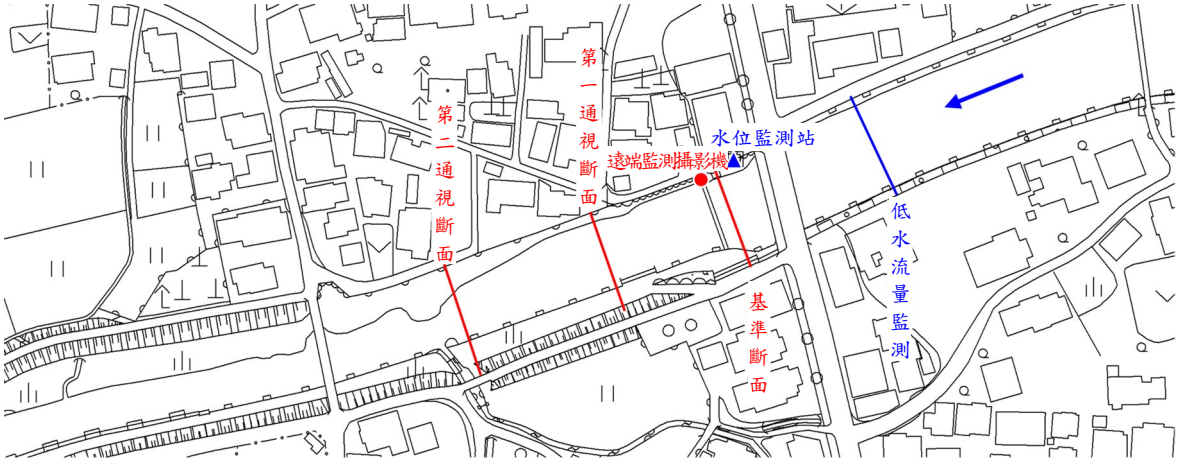
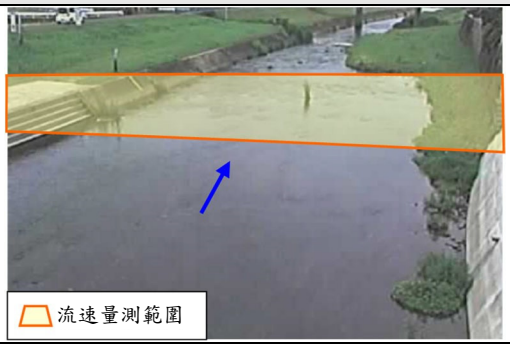
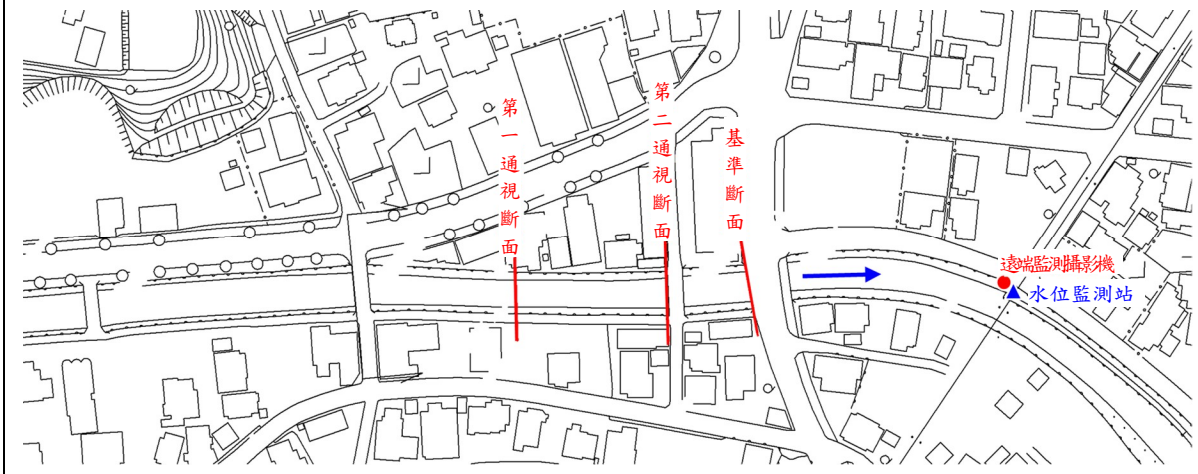
<table>
<tr><td colspan="2">監測站斷面配置圖</td></tr>
<tr><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td>預設視角（一般）</td><td>高水流量監測用的預設視角（修正流速量測範圍）</td></tr>
<tr><td></td><td>
</td></tr>
<tr><td>切換成高水流量監測用預設視角之構想</td><td>・ 遠端監測攝影機設在稍偏離基準斷面延長線的位置，以一般的預設視角拍攝基準斷面
・ 另一方面，一般預設視角無法拍到遠端監測攝影機設置岸之右岸側的範圍相當廣，鏡頭朝向下游可拍攝到左右岸堤防肩的橫斷範圍</td></tr>
</table>

表 4-11時空圖像測速法視角設定案例（2/2）（圖4-9之外的案例）

<table>
<tr><td colspan="2">監測站斷面配置圖</td></tr>
<tr><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td>預設視角（一般）</td><td>高水流量監測用的預設視角</td></tr>
<tr><td></td><td>
</td></tr>
<tr><td>切換成高水流量監測用預設視角之構想</td><td colspan="2">・ 遠端監測攝影機與基準斷面（或視通斷面）間的距離相當長
・ 且與圖4-9所示流向直交方向難以設定遠端監測攝影機的視角
・ 因此，與水流平行設定遠端監測攝影機鏡頭方向（直接使用一般預設視角）</td></tr>
</table>

(3) 遠紅外線攝影機的設置位置及視角設定

＜構　想＞

遠紅外線攝影機之視角設定需搭配使用一般視角設定方法，並注意熱源遠紅外線反射狀況。

＜說　明＞

攝影機設置高度及俯角需調整好適當的遠紅外線水面反射角與遠紅外線攝影機入射角（圖4-10）。依不同熱源位置與高度，攝影機須設在高處或低處，需配合現地狀況而定。

此外，須注意遠紅外線攝影機所取得影像能否接收到河川構造物或附近住宅等的熱源（表4-12）。遠紅外線攝影機操作重點在於攝影前取得攝影角度內的熱源。若為了讓對岸構造物等進入攝影角度內而放低攝影機位置，有可能水位低時能取得熱源，水位上升後護岸淹沒熱源即消失。因此，設定攝影角度應以高於監測對象之水位，配合高水位（HWL）變動及周邊是否有熱源，完成設定。

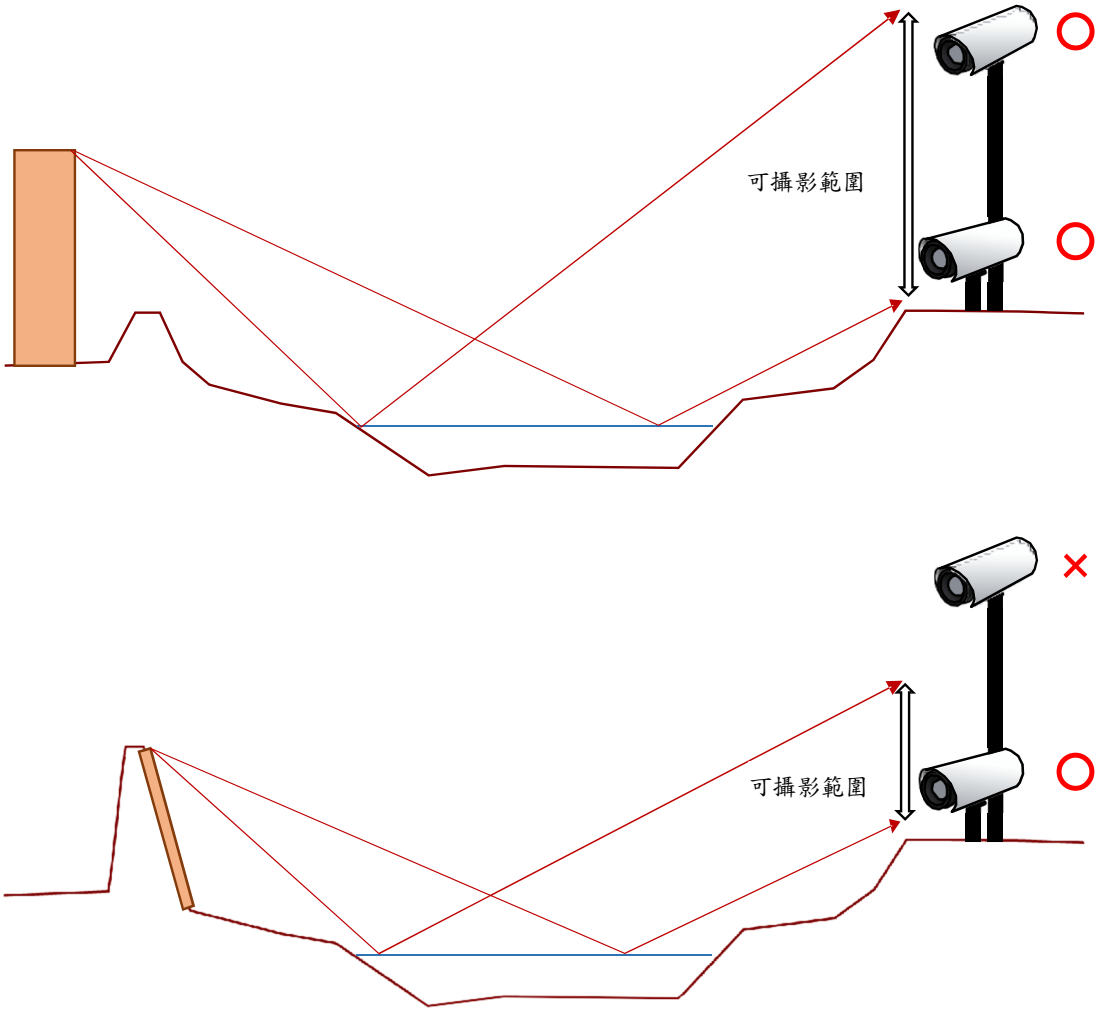


圖 4-10遠紅外線攝影機架設高度與角度概念圖

表 4-12 有無河川構造物等熱源所造成水表面波紋辨識性差異一覽表（1/3）

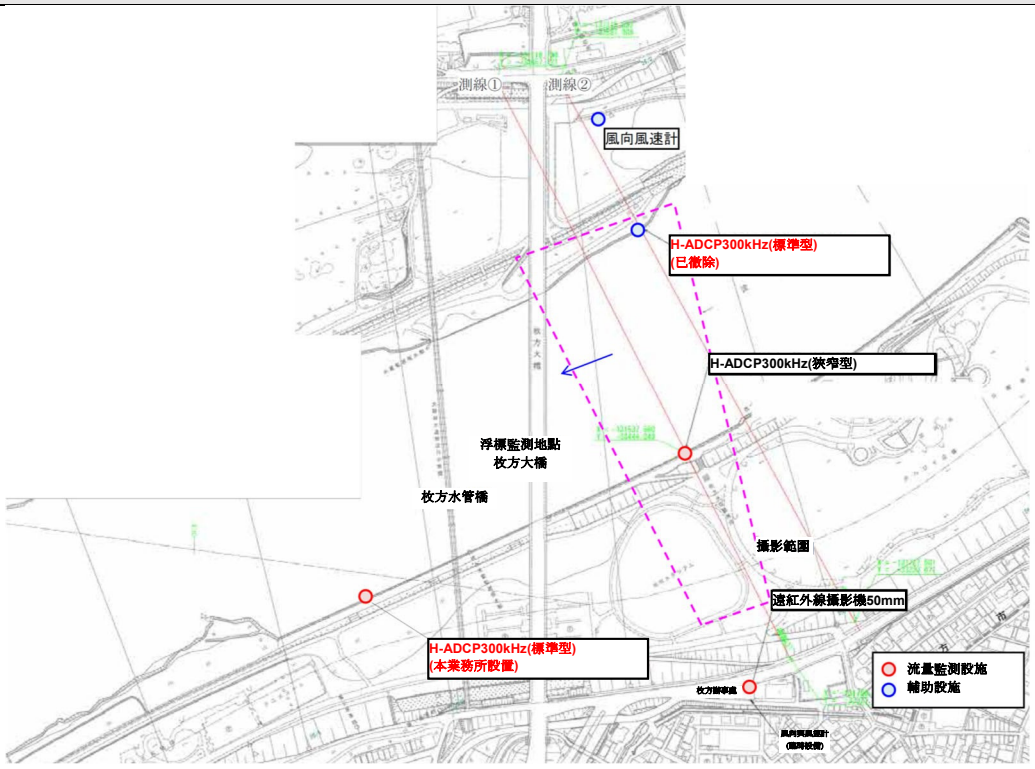
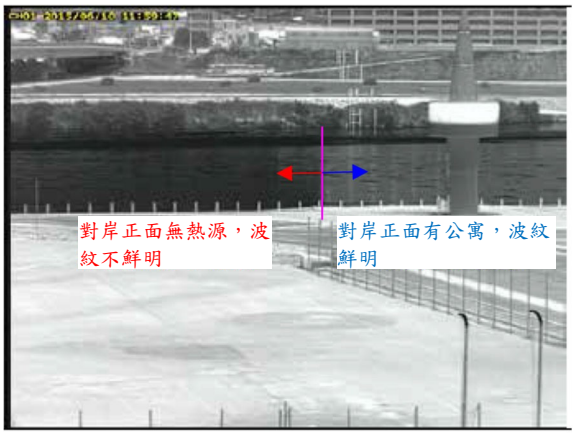
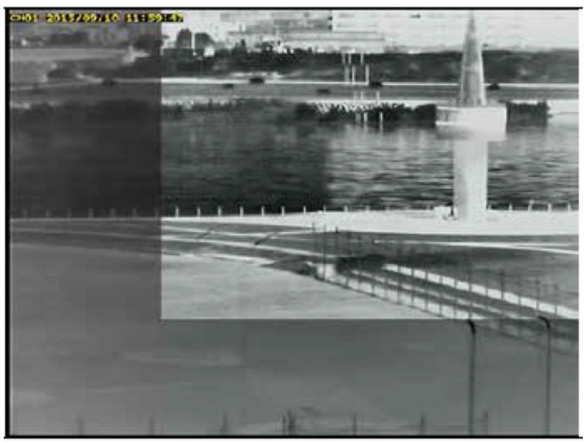
<table>
<tr><td colspan="2">平面圖</td></tr>
<tr><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td>無影像鮮明化裝置時</td><td>有影像鮮明化裝置時</td></tr>
<tr><td>監測時間：2015 年7 月10 日 12:00</td><td>2015 年9 月10 日 12:00</td></tr>
<tr><td>遠紅外線攝影機影像</td><td>遠紅外線攝影機影像</td></tr>
<tr><td>
</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">評價</td></tr>
<tr><td colspan="2">・ 左側影像為對岸有公寓之狀況。公寓熱源紅外線放射提升了水面波紋辨識度。
・ 右側影像為左側影像加裝影像鮮明化裝置的結果。影像鮮明化裝置於周邊即使很少河川構造物等遠紅外放射源時，也能有效辨識水面波紋。</td></tr>
</table>

表 4-12 有無河川構造物等熱源所造成水表面波紋辨識性差異一覽表（2/3）

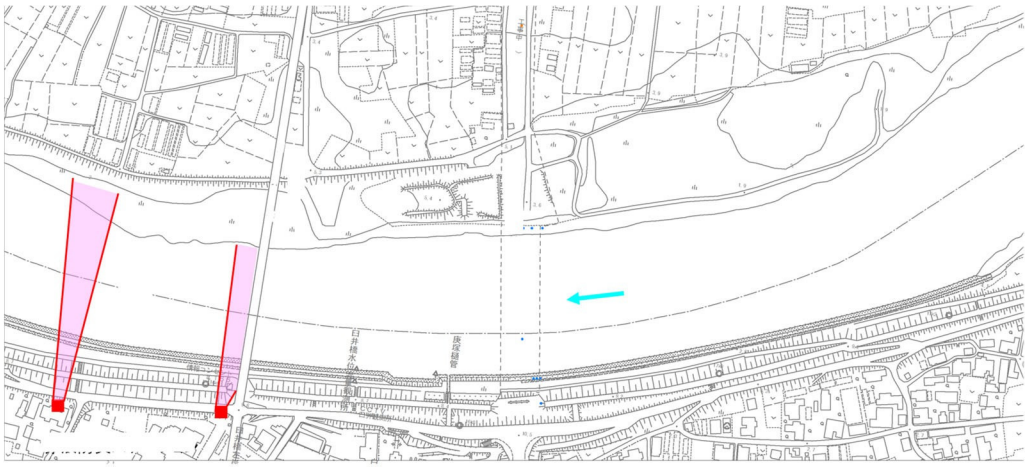
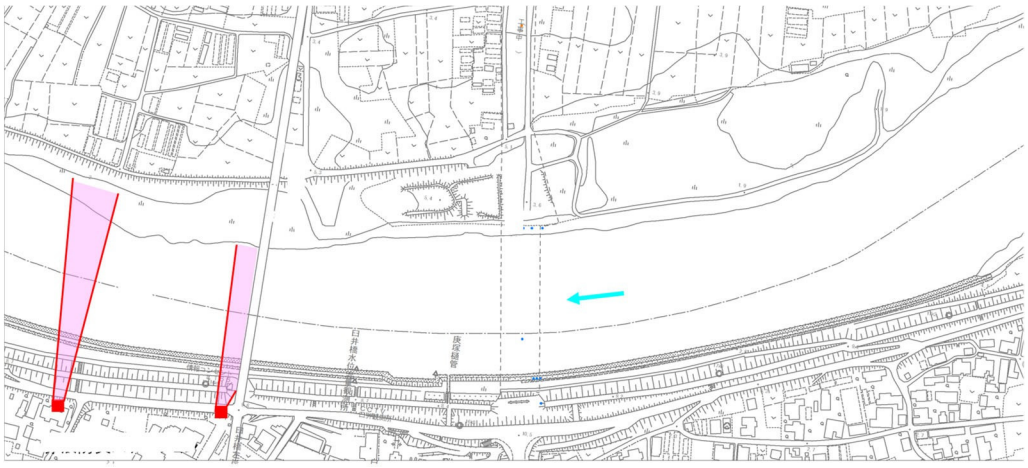
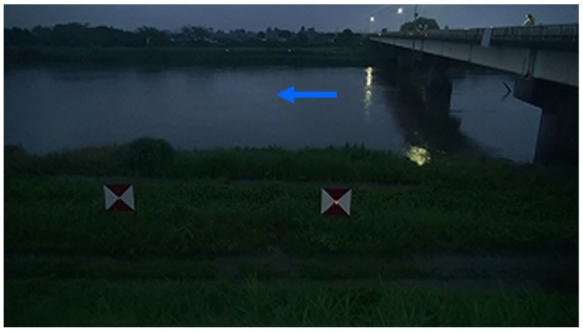
平面圖	
	
無熱源時	有熱源（橋樑）時
監測時間：2013 年 6 月 19 日　　第 3 次	
攝影機影像	攝影機影像
	
遠紅外線攝影機影像	遠紅外線攝影機影像
	
評估	
・　右側影像有橋樑熱源，左側影像無熱源。 ・　左側影像也能辨識水面波紋。原因是在白天周圍來的熱源效果。	

表 4-12 有無河川構造物等熱源所造成水表面波紋辨識性差異一覽表（3/3）

<table>
<tr><td colspan="2">平面圖</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>無熱源時</td><td>有熱源（橋樑）時</td></tr>
<tr><td colspan="2">監測時間：2013 年 7 月 13 日 第2次</td></tr>
<tr><td>攝影機影像</td><td>攝影機影像</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>遠紅外線攝影機影像</td><td>遠紅外線攝影機影像</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">評價</td></tr>
<tr><td colspan="2">・ 左側影像有橋樑熱源，右側影像無熱源。
・ 最右側影像難以辨識水面波紋。原因是在夜間周圍來的熱源幾乎沒有。</td></tr>
</table>

4.4.2 標定點之設置

＜構　想＞

以攝影機影像進行時空圖像測速法計算流速，需將攝影機圖像上的位置移轉為實際空間位置的移動。在座標轉換以斜角拍攝的相機圖像需轉換成正上方往下正視，因此已知標定點所完成拍攝影像須轉換成實際空間位置座標。標定點係為完成此轉換而設置。

＜說　明＞

高感度相機、遠端監測攝影機與遠紅外線攝影機的影像不像垂直航空照片那樣由河川正上方拍攝，通常斜角拍攝。

這類攝影影像進行影像流速測定法時，需將攝影影像轉換成正上方往下正視（幾何校正，圖4-11）。此時校正幅度大小由標定點（有座標的標誌）在錄影圖像上的位置與實際空間位置算出。

本入門（案）係設定相機固定於所定位置進行全時監測，標定點標定作業於架設相機時一併進行。此外，依維護保養作業卸下相機或改變相機角度後，應重新完成標定作業。又，外力引致地形改變或標定板流失，標定點的相機角度明顯偏離時，應於水位低且能安全作業時，重新完成標定。再者，既有構造物等已設標定點且能恢復座標者，不必重新設標定點。

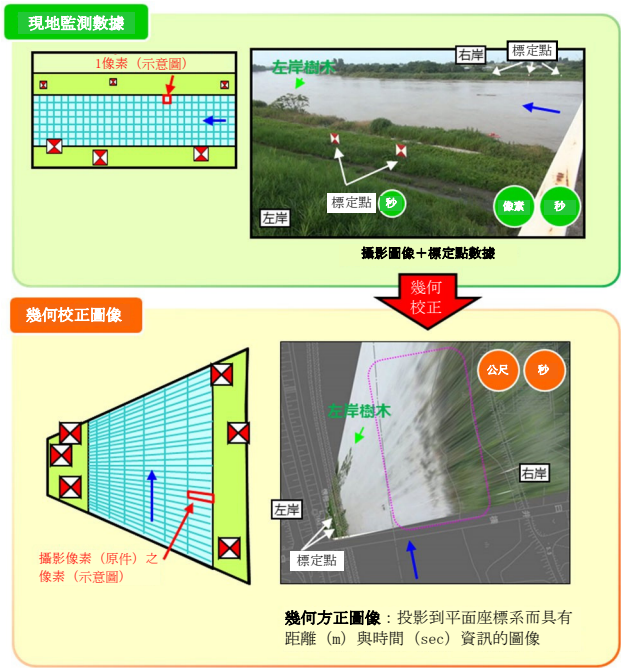


圖 4-11 幾何校正操作概念圖

(1) 標定點之配置

＜標　準＞

標定點設置依下列注意事項配置為標準作法。

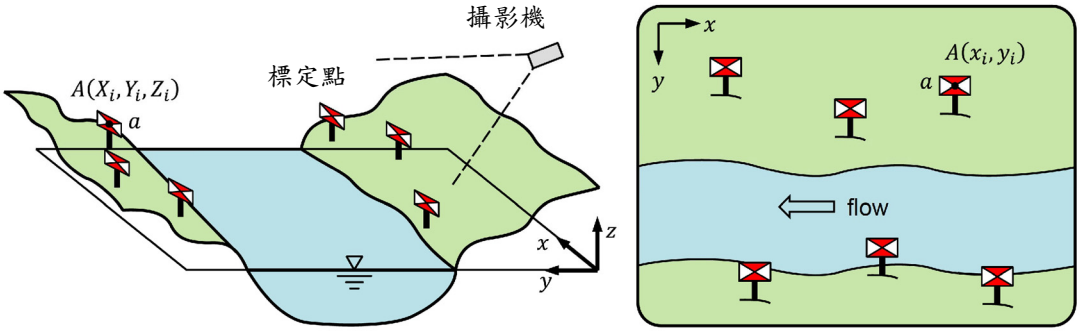
1. 流速量測範圍周邊前方或對岸等應至少設置6點，可以的話可設10點。非預期的標定點會因意外狀況浸水或被沖走，因此設置越多越保險。
2. 標定點應均等分布於流速量測範圍周邊，且最好沿平面與鉛直方向呈Z字型配置。
3. 對岸、遠方之標定點難以在攝影機圖像上辨識，應以能確實辨識之對象物作為標定點。
4. 標定點若設在畫面邊緣，可能因攝影機鏡頭偏移（偏軸）而受影響。因此，標定點應儘量設定在畫面中心部，最好避免設在畫面邊緣位置。

＜說 明＞

標定點設置位置與設置數目會明顯影響圖像解析精度。

實施圖像處理式流速測定法，斜角拍攝的攝影機影像通常轉換成正上方往下正視。此時需先由影像位置取得平面座標。這項幾何校正能套用攝影機影像上（長度）這種物理量。

進行幾何校正，物理座標（實際空間座標）與攝影機影像上的座標（圖像座標）需分別使用已知的“點”，亦即採用標定點（圖4-12）。



(a)物理座標(x,y,z)　　(b)圖像座標(x,y)

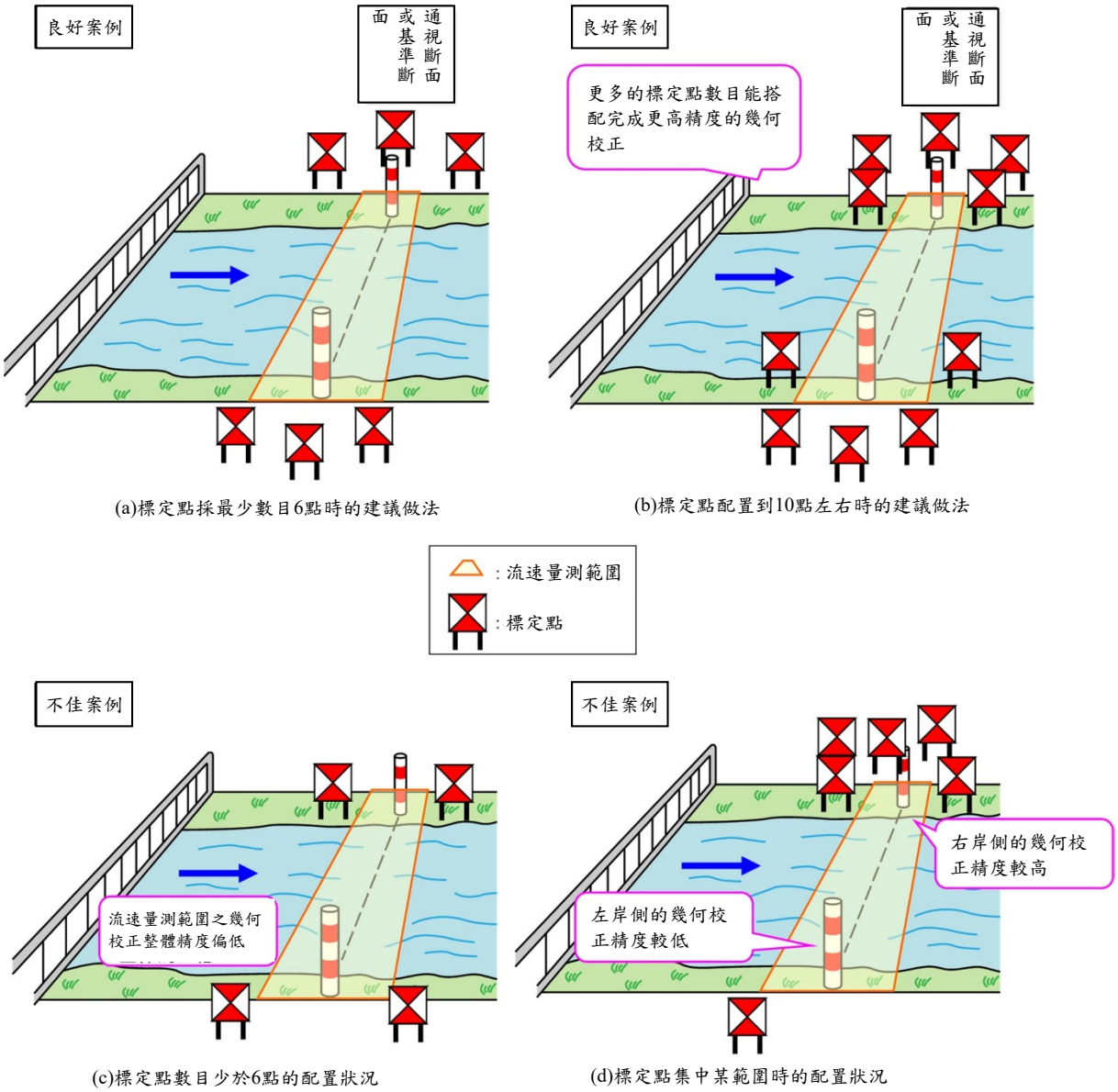
圖 4-12標定點的物理座標與圖像座標關係圖

標定點最少需有6點。

圖像處理式流速量測法幾何校正所使用標定點最少需6點，調整幾何校正所使用標定點位置，能提高幾何校正精度。因此，從約10個左右標定點選出多組6點進行幾何校正精度驗證，搭配使用精度最高之標定點，也能提高幾何校正精度。

高精度幾何校正針對流速量測範圍即可，不需影像全部範圍都實施。

因此，標定點應於流速量測範圍周邊無遺漏地平均配置。此外，平面與鉛直方向最好呈Z字型配置標定點（圖4-13）。



(a)標定點採最少數目6點時的建議做法

(b)標定點配置到10點左右時的建議做法

(c)標定點數目少於6點的配置狀況

(d)標定點集中某範圍時的配置狀況

圖 4-13標定點配置概念圖

(2) 標定點設置與測量工程

＜標 準＞

標定點之設置與測量可於洪水前或洪水後實施，但最好在洪水前完成。

(3) 標定點的種類

＜標 準＞

標定點優先選定順序為①既有構造物，②測量（紅白）標桿或木樁，③膠合板等所製作之標定點。

為提高辨識度，②最好設在相機設置岸，③設在相機對岸。

此外，為提升標定點的辨識度，最好採用配備太陽能板LED燈的高感度攝影機或遠端監測攝影機，或遠紅外線攝影機配合運用熱放射為0的導熱片。

＜說 明＞

標定點設置為減輕現場作業勞力，可使用測量標桿或木樁，其先端需容易辨識為標定點。

測量標桿與木樁尺寸較小，攝影機影像可能難以辨識。最好搭配使用市售作業用燈光，或使用遠紅外線攝影機時搭配使用導熱片。

此外，為提升標定點辨識度，最好採用配備太陽能板LDE燈的高感度攝影機或遠端監測攝影機，或遠紅外線攝影機配合運用熱放射為0之導熱片。

特別是在距攝影機較遠位置設標定點時，最好採用膠合板等所做成的標定點，標定點配色以紅白色為準。高感度攝影機、遠端監測攝影機及紅外線攝影機難以辨識時，最好搭配使用市售作業用燈光，遠紅線攝影機影像辨識度不佳時，搭配使用導熱片。

搭配使用膠合板的標定點製作方法如下。

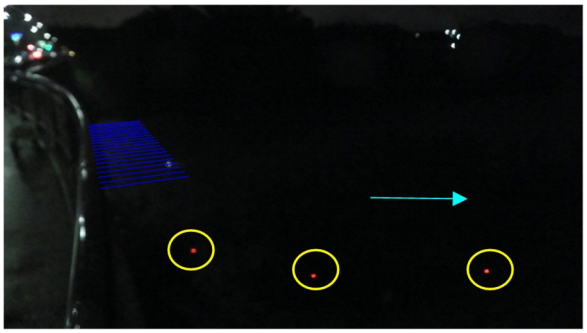
- 標定點高90cm×寬90cm，以50cm長度三支腳固定。
- 中央標示x符號，上下塗紅色、左右塗白色。此處畫x處代表x符號中心為標定點座標（測量三維座標），x周邊紅白色主要是清楚顯示位置。

此外，既有構造物設標定點若攝影機攝影角度偏移，可利用既有構造物進行校正。

可當作標定點的既有構造物可考慮如下。

- 基準斷面、第一通視斷面或第二通視斷面的H型鋼前端部分
- 水位標前端部分
- 橋樑欄杆或橋墩之標誌作為標定點
- 護欄
- 高灘地護岸或低水路護岸等的角落部或平台
- 水位監測站等建築物（如屋角突出部等容易辨識的位置）

表 4-13配備太陽能板LED燈或導熱片的標定點設置案例

LED 燈	導熱片
	
	
・ 標定點中央設置太陽能板LED燈。	・ 標定點中央張貼導熱片。

＜例　示＞

過去標定點測量作業不需實施幾何校正，近年來隨著技術進步，河寬大的河川或無法進入的陡峭河川等無法設標定點的地方也能派上用場。但到2002年3月之現在為止，仍少實際施作案例，因此只列為參考資料。

＜參考資料＞

1) 小林範之・渡邊明英・野谷靖浩・藤田一郎：画像解析による河川流速計測の適用性向上と効率化に向けた撮影・標定技術の開発、河川技術論文集、pp.67-70、第 21 巻、2015

2) 小林範之・渡邊明英・野谷靖浩・藤田一郎：画像解析による河川流速計測における撮影・標定技術の開発と適用性試験、応用測量論文集、第 27 巻、pp.99-110、2016

3) 小林範之・渡邊明英・野谷靖浩・藤田一郎・能登谷祐一：画像解析を用いた河川流速計測における撮影・標定手法の開発、河川技術論文集、第 23 巻、pp.191-196、2017

4.5 監測方法

4.5.1 高感度攝影機

(1) 洪水時的相機設置及攝影

＜標　準＞

高感度攝影機設置時需注意影像解析度高低問題。

【洪水時的攝影機設置】

洪水時可比照「4.4.1　攝影角度設定」做法，於能取得適當攝影角度的位置架設高感度攝影機。

【攝影時間】

· 時空圖像測速法分析操作，必須要有拍攝30秒左右之圖像。

【攝影時的注意要點】

每次監測時都需記載開始錄影時刻與錄影結束時刻（年月日，時刻則最好記錄到秒），並確認是否能達成所需的攝影時間。

是否記錄到足夠時間，應以下列方法確認之。

· 高感度攝影機內建時刻應進行當地標準時刻對時，錄影影像上也需設定記錄功能。

· 攝影機之時刻應進行當地標準時刻對時，並與水位計的量測時間統一（同步），以記錄確實的攝影時刻。

＜說 明＞

洪水時所拍攝影像最好直接進行圖像分析，因此應正確掌握攝影時間與攝影時刻。

攝影時間就影像處理型流速測定法而言，只需約30秒左右，但須配合監測地點特性與流況調整。不需長時間持續攝影，但若已完成長時間錄影，需切割圖像進行圖像計測。

表 4-14高感度攝影機錄影時間

方法	每一次進行圖像分析所需的攝影時間
時空圖像測速法	・時空圖像測速儀之檢查線長度除以洪水代表流速所得到的時間 ・每次監測約30秒錄影時間應有可能量測水表面流速，但應配合監測地點特性與流況調整之 ・強降雨等狀況造成水面波紋難以辨識時，應連續錄影，截取降雨影響較少的時間帶進行圖像分析

(2) 洪水時錄影影像之保存

＜標　準＞

高感度攝影機動畫保管，應一一完成下列各單元之記錄。

- 高感度攝影機監測地點名稱
- 洪水名稱
- 記錄開始時刻與記錄時間（年月日，時刻則最好使用能記錄到秒）

＜說 明＞

洪水過後應判斷該洪水規模採用所拍攝高感度影像計算流量如何，必要時應將該洪水高感度影像妥善保存。

4.5.2 遠端監測攝影機

(1) 洪水時相機之設置及攝影

＜標　準＞

圖像處理式流速測定法應用遠端監測攝影機最好滿足以下條件。

【動畫攝影時間】

- 時空圖像測速法之場合：以能拍攝30秒左右為目標，並配合監測地點特性及流況調整

【攝影時的注意要點】

洪水期間遠端監測攝影機為了空間監測或防災用途,有時會改變攝影角度。此時需注意所架設之遠端監測攝影機是否已事先設定高水流量監測攝影角度。

- 確認是否已事先設定高水流量監測用的攝影角度
- 確認遠端監測攝影機能否錄製畫面
- 記錄錄影開始時刻與錄影結束時刻（年月日，時刻最好記錄到秒）
- 自動拍攝監測用影像時，最好設定每10分鐘拍攝1次、1次拍攝30秒影像。不同河川特性特別是流量變化太大時，可縮短攝影時間間隔

＜說 明＞

圖像處理型流速量測法操作所需之錄影時間因分析方法而異，因此攝影時應做如下之記錄。

表 4-15遠端監測攝影機的錄影時間

方法	每一次進行圖像分析所需的攝影時間
時空圖像測速法	・時空圖像測速儀之檢查線長度除以洪水代表流速的時間 ・每次監測約30秒錄影，應有可能量測水表面流速，但應配合監測地點的特性與流況調整 ・強降雨時水面波紋難以辨識，應連續錄影，截取降雨影響較少的時間帶進行圖像分析

此外，遠端監測攝影機須注意洪水期間使用的攝影角度與預先設定攝影角度之切換。

所使用遠端監測攝影機應確認其為高水流量監測事先設定的攝影角度，且除了遠端監測攝影機影像錄製，也同時記錄攝影時刻與攝影時間長度。

另外，須注意洪水時基於空間監視或防災需要，有時會解除高水流量監測事先設定的攝影角度，與圖像處理式流速測定法所需攝影角度有所差異，需注意之。

高水流量監測事先設定攝影角度所需的錄影時間，如表4-15所示相當短，最好能取得相關人士協助，定期錄影。

預判洪水期間遠端監測攝影機攝影角度可能改變，遠端監測攝影機應張貼如下說明之貼紙，促使操作時恢復高水流量監測預設攝影角度（圖4-14）。

攝影機名稱■■■■遠端監測攝影機為高水流量監測使用機型。

高水流量監測設定以第●號攝影角度進行拍攝，若有改變遠端監測攝影機之攝影角度，拍攝後請調回第●號高水流量監測預設攝影角度。

攝影機名稱■■■■請調回第●號預設攝影角度。

圖 4-14高水流量監測修正預設攝影角度之請託案例

高水流量監測預設攝影角度之遠端監測攝影機可於洪水開始錄影到洪水結束為止，對於水文監測負責人（或負責操作遠端監測攝影機的公務員）而言相當有用且省事。但如上述，遠端監測攝影機更重要的是空間監視與防災，常得因應狀況將攝影鏡頭調整到能發揮這兩項功能，因而鏡頭經常並非處於高水流量監測預設攝影角度。

如圖4-15所示，即使無法從洪水開始到結束連續完整錄影，只需斷續錄影或完成洪峰水位30秒左右的高水流量監測預設攝影角度錄影即可。

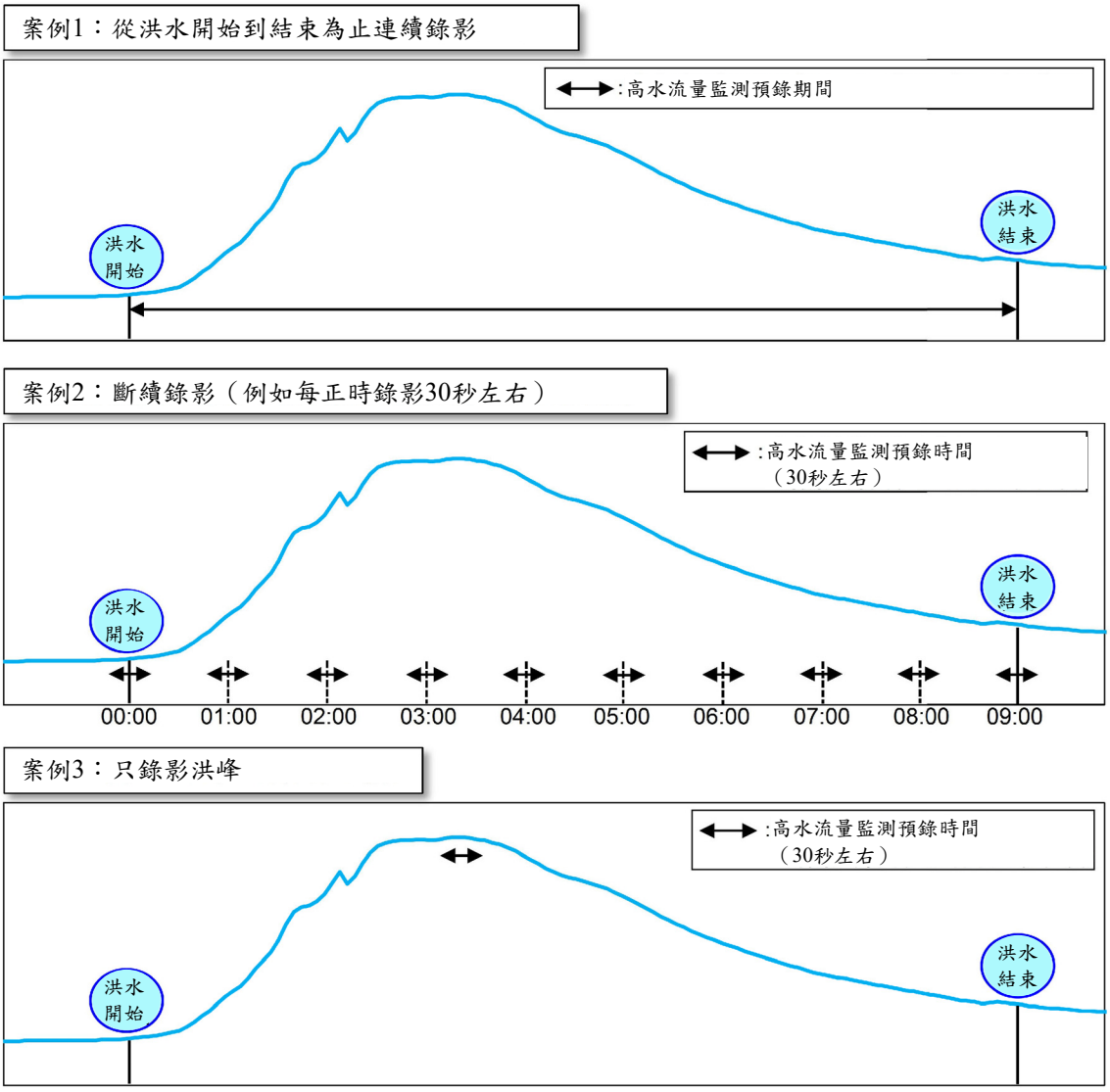


圖 4-15高水流量監測用預設錄影角度的案例

(2) 洪水過後錄影影像的保存

＜標　準＞

遠端監測攝影機之動畫保管，依下列各單元可判釋程度予以記錄。此外，數據保存原則上不必壓縮製作成數位影像。

- 遠端監測攝影機監測地點名稱
- 洪水名稱
- 記錄開始時刻與記錄時間（年月日，時刻則最好使用能記錄到秒）

＜說　明＞

洪水過後應判斷是否運用配合洪水規模拍攝的遠端攝影動畫，進行影像處理型流速測定法流量計算，必要時應將所拍攝洪水影像予以保存。

保管時應確認是否有以當初設定的高水流量監測預設攝影角度完成錄影。

若遠端監測攝影機係以不同於高水流量監測預設攝影角度完成動畫錄影，應確認該遠端監測攝影機目前的攝影角度，若與所完成拍攝影像相同角度，則以該攝影角度進行不同預設編號登錄，並設定能重現該攝影角度。日後便可設不同標定點，進行所記錄遠端監測攝影機圖像用標定點圖像之攝影。

完成變更的攝影角度內若有拍到之前設置的標定點，不必另設標定點，而只需不同攝影角度記錄並保存該角度標定點所呈現之標定用圖像，即可能以圖像處理式流速測定法流量計算。

4.5.3 遠紅外線攝影機

(1) 洪水時相機的設置及錄影

＜標　準＞

未固定設置的遠紅外線攝影機，應注意圖像分析所需視角及遠紅外線相機特徵。

【洪水時的相機設置】

洪水時應準用「4.3　監測位置之選定」及「4.4.1　視角設定」做法，進行遠紅外線攝影機設置位置設定。

【攝影時間】

每次監測約拍攝30秒，配合監測地點特性與流況調整。

【攝影時的注意要點】

每次監測都應記錄錄影開始時刻與錄影結束時刻（年月日，時刻最好記錄到秒），並確認畫面上是否有攝影時間。

相機時刻對準當地標準時刻，與水位計的量測時間同步完成攝影時刻記錄。

(2) 洪水時錄影影像的保存

＜標　準＞

遠紅外線攝影機動畫保管依下列各單元可判釋程度地予以記錄。

- 遠紅外線攝影機監測地點名稱
- 洪水名稱
- 記錄開始時刻與記錄時間（年月日，時刻則最好使用能記錄到秒）

＜說　明＞

判斷洪水過後是否用洪水規模所拍攝遠紅外線攝影機影像，以時空圖像測速法計算其流量，必要時應保存所紀錄洪水時對象遠紅外線攝影之影像。

4.6 幾何校正

＜構 想＞

幾何校正指由只具備像素與時間資訊之現地錄影圖像，為了計算流速（m/s）所需的以標定點數據進行座標轉換，轉換成含有距離（公尺）與時間（秒）資訊的圖像（圖4-16）。幾何校正乃是所有圖像解析方法所必備之事前準備工作。

幾何校正應使用幾何校正軟體，在此不詳細說明幾何校正方法。



圖 4-16以幾何校正完成現地監測數據轉換

4.6.1 幾何校正精度

＜構　想＞

進行圖像處理式流速測定法流速分析時，所使用動畫通常是斜角度拍攝完成。若要轉換成從正上方拍攝之動畫，需確認攝影動畫座標（圖像座標）與物理座標之對應關係。

讓圖像與所對應地物特徵一致的做法，稱為幾何校正。

＜標　準＞

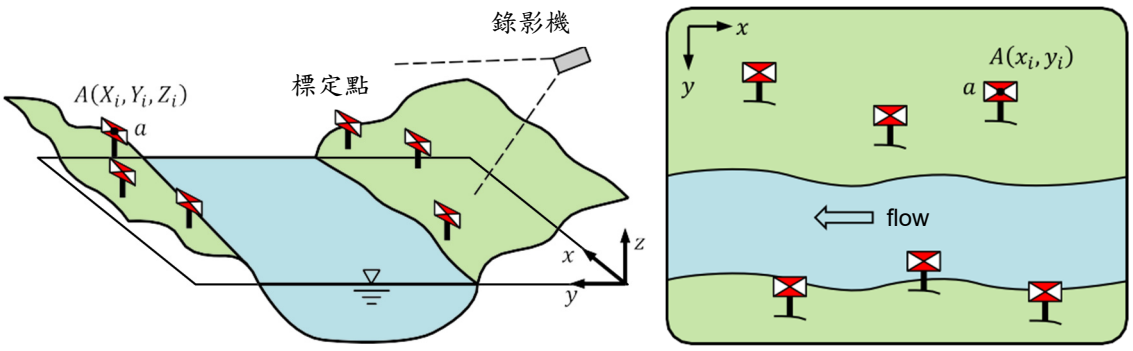
以標定點座標進行幾何校正會影響流速量測精度，因此幾何校正確保以下之精度為標準。

【會直接影響高精度流速量測之評估項目】
流下方向之標定點間距誤差　小於5%
【會影響高精度流速量測之評估項目】
橫斷方向之標定點間距誤差　小於5%
標定點所造成的多角形閉合差 小於5%

＜說明＞

進行圖像幾何校正需在所拍攝圖像上設置已知點（標定板等），進行標定測量，並選定圖像之物理座標（三維空間座標通常使用測量座標系）與所拍攝圖像之座標上（CRT座標上），相同標定點對應關係之座標轉換的連續方程式能滿足最小誤差之參數。（圖4-17）

幾何校正在攝影機固定且無改變攝影角度，可以使用該參數。若改變攝影角度，需重新進行幾何轉換。幾何校正精度會影響流速分析精度，最好事前完成相機鏡頭焦點畸變等的校正。事前幾何校正可排除解析實施者所造成的流速監測誤差與影響。



(a)物理座標(x,y,z)　(b)圖像座標(x,y)

圖 4-17標定點的物理座標與圖像座標（攝影機影像CRT座標）

圖像處理式流速測定法之中，為計算流下方向流速之流下方向的標定點間距誤差，可直接當作流速量測誤差。

依河川砂防技術基準（調查編，p.第2章　第4節-10，2002年6月），在流速計檢定之流速感測器必要的精度須符合河川流量監測目的，確保量測對象流速範圍內誤差小於5%。圖像處理式流速測定法之流速量測誤差以此為基準，設定流下方向之流速量測誤差要小於5%。

橫斷方向標定點間距之誤差及標定點所產生的多角形閉合差（閉合面積誤差），都設定為小於5%。表4-16為幾何校正結果一覽表。

幾何校正誤差計算方法如下。

【流下方向之標定點間距】

大概處於相同橫斷面位置的各標定點，比較最上游的點（例如R04）與下游點（例如R01）的測量所取得座標值（物理座標）與幾何校正後所取得座標值（圖像座標）之二點間距離。流下方向之標定點間距，左右兩岸都應加以比較，確認其誤差在基準之內（5%以內）。

【橫斷方向之標定點間距】

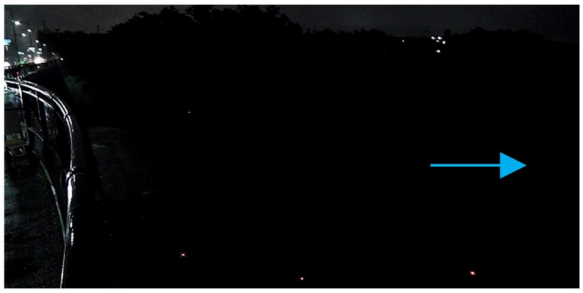
大概處於相同縱斷面位置的各標定點，比較最左岸的點（例如L03）與右岸的點（例如R02）的測量所取得座標值（物理座標）與幾何校正後所取得座標值（圖像座標）之二點間距離。

【多邊形的閉合面積】

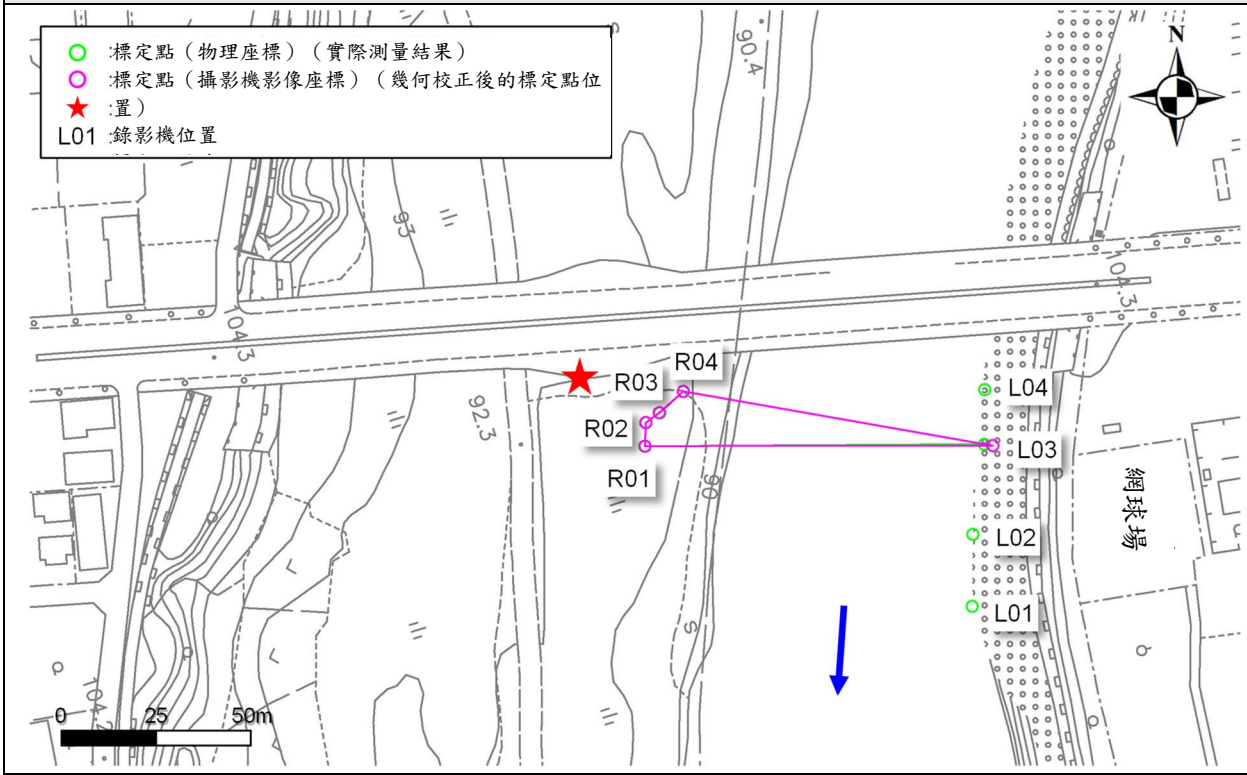
比較測量取得座標值（物理座標）所形成的多邊形與幾何校正後取得座標值（圖像座標）所形成多邊形之面積。

表 4-16幾何校正結果一覽

相機種類	錄影機
攝影圖像	



平面圖



幾何校正所使用之標定點	L03、R01、R02、R03、R04	流下方向誤差所使用之標定點	R01、R04
橫斷方向誤差所使用之標定點	L03、R01	多角形閉合面積所使用之標定點	L03、R01、R02、R03、R04

項目	物理座標	圖像座標
流下方向距離（m）	17.76	17.69
橫斷方向距離（m）	89.77	91.98
多角形閉合面積（m^2）	677.69	694.55

幾何校正誤差（%）					
流下方向距離	0.40	橫斷方向距離	2.40	多角形閉合面積	2.43

4.7 流速計算

4.7.1 圖像分析方法（時空圖像測速法）

＜標　準＞

圖像處理式流速測定法採用其中的時空圖像測速法時，其檢查線之位置、長度與時間以下列為準。

1. 檢查線之位置與檢查線之數目

檢查線之位置設定方法是，檢查線的中心應設在計算流量的橫斷面上，且與計算流量的橫斷面直交。

表 4-17與水面寬對應的浮標流速測線目標數目

水面寬度	小於20公尺	20～不足100公尺	100～不足200公尺	大於200公尺
浮標流速測線數目	5	10	15	20

出處：水位及流量調查作業規程準則（1954年10月9日總理府令第75號）

2. 檢查線的長度

檢查線的長度因現地河川規模而異。基本上應設定長一些，讓攝影圖像產生和水面上一樣的水流狀態。一般而言，小型河川可設定為數公尺，中型河川設定為10～20公尺，大規模河川多設定為20～30公尺。

3. 攝影時間

攝影時間應配合現地河道特性與流況設定之。此外，2002年3月在當地並無明顯流況變化的情況下，取30秒左右並無問題的研究成果。

時空圖像（STI）所呈現波紋線條模樣的傾向，在15～75 度範圍內仍可保持精度。近來AI（深度學習）解析技術持續進步，可以自動進行解析的可能也有。

＜說明＞

利用時空圖像技術計算流速時，檢查線之設定位置與檢查線長度、時間都會影響流速計算精度。

(1) 檢查線的位置

檢查線之設置，其中心應位於計算流量的橫斷面上且與計算流量之橫斷面直交。

(2) 檢查線的條數

檢查線條數以大約浮標測法標準做法的條數（表4-18）為準，最好設置更多條。

增加檢查線條數能掌握詳細的水表面流速之橫斷分布，提升流量計算之精度。

檢查線的條數最好依據河寬以及過去浮標流量監測狀況，比標準法多一倍。若能確保水面寬，則無問題。

表 4-18對應水面寬的浮標流速測線目標條數

水面寬	小於20公尺	20～100公尺	100～200公尺	大於200公尺
浮標流速測線數	5	10	15	20

出處：水位及流量調查作業規程準則（1954年10月9日總理府令第75號）

(3) 檢查線的長度

時空圖像測速法係由時空圖像之傾向算出水表面流速。因此檢查線的長度與檢查線時間（攝影時間）長短非常重要。

時空圖像測速法分析水表面流速的運算法（計算程序，algorithm）最好符合以下條件。

- 時空圖像本身最好是正方形。
- 時空圖像所呈現波紋之條紋模樣之傾向在15～75度範圍內，可保持精度。近年來隨著ＡＩ（深度學習）分析技術發展，也有可能自動分析。

此外，決定檢查線長度的注意事項如下。

- 時空圖像波紋所形成條紋模樣若中途扭曲，代表檢查線上的流速因流下方向不同，因此檢查線應避免過長。
- 另一方面，依河道特性與流況，為了測得河道平均流速，所需充分長度的檢查線也依不同場合適當設定。
- 總之，檢查線長度有必要依據現地河道特性與流況適切地予以設定。
- 檢查線長度因現地河川規模大小而異。基本上攝影圖像內呈現均勻水流狀況的水面應儘可能長一點。一般小規模河川數公尺，中規模河川10～20公尺，大規模河川20～30公尺。

(4) 攝影時間

攝影時間應如檢查線長度上所記載設定其長短，太長或太短都可能降低水表面流速量測精度（或可能突然出現高流速或低流速）。

因此，檢查線時間長短應就檢查線長度與分析時的水表面流速，依以下注意事項決定之。攝影時間大約30秒。

- 攝影時間長短應配合現地河道特性與流況適切地設定。
- 時空圖像所呈現波紋模樣傾向，在15～75度範圍內，可保持精度。近年來隨著ＡＩ（深度學習）分析技術發展，能自動分析的情形也有。
- 此外，2022年3月之目前，實證案例顯示攝影時間太短有時會產生誤差。

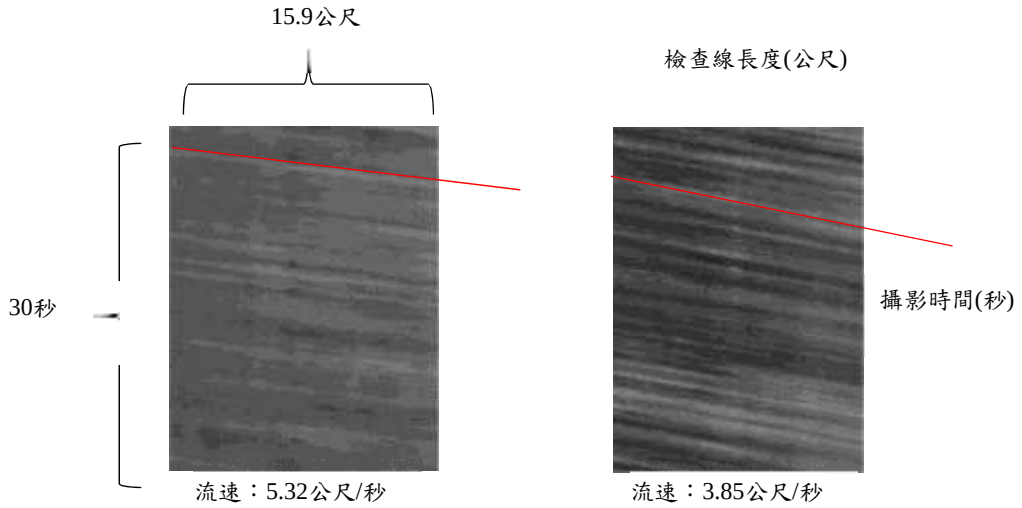
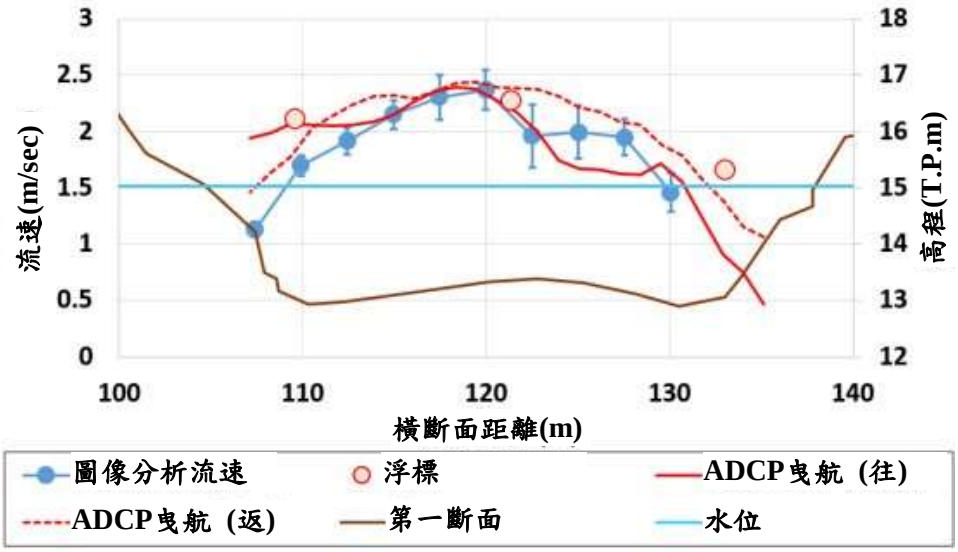


圖 4-18 時空圖像分析圖像之舉例

- 時空圖像測速法（量測水表面流速）之各流速值與誤差評估如圖**4-19**所示。時空圖像測速法流速值之不確定範圍大致有其他方法的量測結果分布，建議以時空圖像測速法量測條件所取得流速值約5%～15%為誤差評估值。
- 流量值信賴區間和其他方法的流量監測結果整合，作為有效的誤差定量評估。



流量值誤差方面，浮標測法約6%，ADCP（聲學都卜勒流速剖面儀）約8%，時空圖像測速法（STIV）約7%，STIV與ADCP的流量值在信賴區間範圍內整合。

圖 4-19依浮標測法、STIV與ADCP取得的流速計算結果

＜例 示＞

時空圖像測速法監測值之精度視河川流況、攝影圖像品質與檢查線長度等量測條件而定。最新研究顯示，定量評估量測之不確定性（誤差），可設定時空圖像測速法的監測流量信賴區間，或確認能否與其他監測法整合（渡邊等，2021）。

量測不確定性之世界基準「量測不確定度」（GUM，Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement）將不確定性定義為「量測結果所伴隨產生，能合理的與量測對象量連結所得值的誤差所具特徵之參數」，時空圖像測速法監測值的不確定性，應該也可依此評估之。

但本方法到2022年3月之目前，尚少實證案例，只能當參考資料介紹。

＜參考資料＞

1）BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUDAP, OIML: Guide to the expression of uncertainty in measurement, International Organization for Standardization (Geneva, Switzerland), 1993.

2）渡辺 健・ 大森 嘉郎・ 藤田 一郎・ 井口 真生子・ 長谷川 誠：STIV 法による流量観測の不確かさ評価，河川技術論文集，第27 巻, pp.7-12, 2021

4.8 横断面測量

＜必 須＞

流量監測站進行横断面測量須做成流量監測站横断面圖。

4.8.1 横断面測量的時期

＜標 準＞

流量監測站横断面圖應於汛期前完成，並以横断面測量加以修正為準。

確認洪水等造成河床改變，每次都應儘速進行横断面測量與横断面圖修正。

＜說 明＞

横断面測量應於流量計算斷面在洪水前後確認河床出現變化時儘速實施測量。

洪水前的横断面測量應每年汛期前定期實施。洪水後的横断面測量成果可作為下次洪水前的横断面使用。

洪水期間無法進行高水流量監測時，發現洪水已造成河床變化，應於洪水後進行横断面測量。

4.8.2 横断面測量的實施方法

＜標 準＞

應依國土交通省公共測量作業規程進行横断面測量。

＜參考資料＞

1） 公共測量作業規程 作業規程の準則、平成20 年3 月31 日、国土交通省告示第413 号、最終改正：令和 2 年3 月31 日、国土交通省告示第 461 号・

2） 横断面測量與水位觀測示意圖如圖4-20、圖4-21所示。

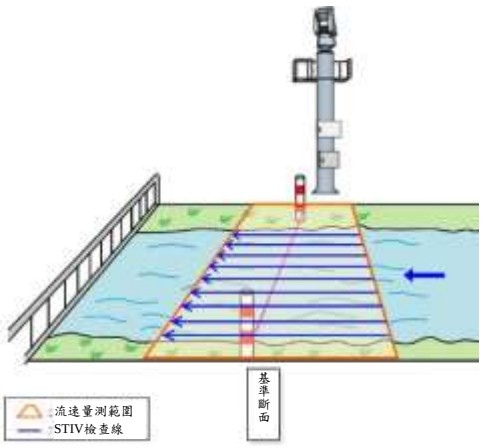


圖 4-20横断面測量實施示意圖

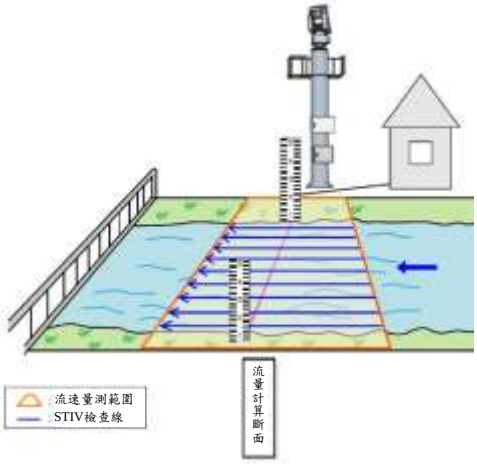


圖 4-21水位監測位置示意圖

4.9 水位監測

＜必 須＞

流量計算斷面應設置水位監測設備，實施水位監測。

＜說 明＞

實施圖像處理式測速之橫斷面應設置水位計或水位標，進行水位監測。

＜標 準＞

水位計應符合以下條件為準。

(1) 須為監測對象範圍之水位不會有缺測者。

(2) 須為能輸出、記錄時刻水位者。

(3) 水位最小讀取單位原則上為1/100m。

(4) 水位計可量測範圍須大於堤防高＋50cm。

但若從橋上進行監測，應於機器不會淹水的高水位以上位置設感測器。

水位標應符合以下條件為準。

(1) 須為監測對象範圍內水位不會有缺測者。

(2) 量水板最小刻度單位原則上為1/100m。

(3) 水位標之零點高程（水位標零點高）須以水準基標為基準進行測量。

(4) 水位標之零點高原則上須低於過去最低水位。

(5) 即使夜間或洪水時也必須能正確讀取刻度的地點設置水位標。

(6) 需擴大水位計量測範圍的河川，應於護岸或堤防坡面設置多支2公尺左右的支柱，以便水位上升仍能安全地依次讀取上位水位標。上、下位之水位標刻度重疊須大於0.5公尺。

(7) 水位標設置後至少每年須測定其零點高程。此時水準基標讀取單位採1/1,000m。

＜說 明＞

水位監測站使用自記水位計的選定時，可參考資料有『河川砂防技術基準 調查編令和 4 年6 月版』。

＜參考資料＞

1） 国土交通省監修（独）土木研究所編著：水文観測、第4 章 流量観測 4 - 4 - 7 断面測定、全日本建設技術境界、2002・

2） 河川砂防技術基準 調查編、p.第2 章第3 節－3、令和4 年6 月・

編譯: 農業部農村發展及水土保持署
Agency of Rural Development & Soil and Water Conservation
January 2024
本文件之翻譯及轉載，均符合日本著作權法相關規定。