

Appendix D- I CCTV カメラを活用した流量観測（観測編）

Appendix D- I は、九州地方整備局が作成した「CCTV カメラを活用した水文観測ガイドライン（案）観測編」に一部変更を加えたものである。

CCTV カメラを活用した流量観測(観測編)

<目次>

1. はじめに	D- I _1
2. 適用範囲	D- I _2
2.1 CCTV カメラを活用した高水流量観測の位置付け	D- I _2
2.2 画像処理型流速測定法とは	D- I _6
2.3 画像処理型流速測定法の適用が可能な CCTV カメラ	D- I _9
3. CCTV カメラを活用した高水流量観測	D- I _13
3.1 出水前	D- I _14
3.1.1 流速測定範囲の設定と CCTV カメラの画角設定方法	D- I _14
3.1.2 CCTV カメラの高水流量観測用のプリセット方法	D- I _23
3.1.3 CCTV カメラ動画の録画方法の確認	D- I _24
3.1.4 標定点の設置	D- I _25
3.1.5 標定点と CCTV カメラレンズ位置の三次元測量	D- I _41
3.1.6 横断測量（出水前）の実施	D- I _42
3.1.7 水位観測の準備	D- I _43
3.1.8 風向・風速計測	D- I _45
3.1.9 Float-PTV 時の浮子の視認性向上について	D- I _47
3.2 出水中	D- I _49
3.3 出水後	D- I _51
3.3.1 出水時の録画像の保存	D- I _51
3.3.2 横断測量（出水後）の実施	D- I _52
3.3.3 水位データの回収保存	D- I _53
3.3.4 観測成果の保存・保管	D- I _54
4. 用語集	D- I _58

1. はじめに

河川の高水流量観測で得られる流量は、河川計画、防災計画などの基礎データとして重要なデータであり、これまで観測地点において出水時に高水流量観測が継続的に実施されている。九州地方整備局管内の現行の高水流量観測地点では（平成 27 年 2 月現在）、全国的に広く一般的に活用されかつ技術体系が整理された浮子測法が採用されている。

しかし、浮子測法による高水流量観測について、(1) 超過洪水時など浮子投下対象橋梁の水没や周辺道路の冠水などにより観測が困難な状況の発生、(2) 橋梁上での風雨時の観測における交通車両との安全確保、(3) 前線性などの急な出水時は高水流量観測態勢の構築が困難、(4) 浮子測法の観測精度、など多くの課題が平成 24 年 7 月の九州北部豪雨で明らかとなった¹⁾。このため、九州地方整備局管内の 20 水系における今後の高水流量観測では、新たな技術を用いた高水流量観測が要望されている。

このような観点から近年においては、主要な流量観測手法²⁾のうち非接触型流速計測法であるドップラー型（電波流速計）や画像処理型（以下、**画像処理型流速測定法**と呼ぶ）の技術開発が行われている。その中で画像処理型流速測定法については、既設 CCTV カメラの録画像（録画像とは動画のこと、以下、**CCTV カメラ画像**と呼ぶ）を活用した画像処理型流速測定法による流速観測事例が報告され、実用化に向け検討がなされつつある^{1), 3) ~5)}。

CCTV カメラ画像を活用した画像処理型流速測定法から流速を算出する手法では、CCTV カメラが比較的高い位置に設置されているため、超過洪水時などにおいても浮子測法に比べてより確実な観測が可能であり（確実性の向上）、省力化、安全性にも優れると判断される。流速計測精度についても、現行の浮子測法に比べて、浮子投下横断位置や浮子流下速度に係る観測員の人為的誤差がなくなるため、精度向上が可能である。

九州地方整備局管内での河川系 CCTV カメラは 513 箇所に設置されており（平成 26 年 4 月現在）、CCTV カメラを活用した高水流量観測が実用化されれば、多くの箇所で河川の流速（流量）観測が可能となると想定される。

上記のような状況を鑑み、本ガイドラインは、CCTV カメラ画像を活用した画像処理型流速測定法による高水流量観測を行う場合の考え方を示し、解説を行ったものである。

本書の主旨が正しく理解され、高水流量観測の高度化に活用されることを期待するものである。

<参考となる資料>

- 1) 島本重寿・藤田一郎・萬矢敦啓・柏田仁・浜口憲一郎・山崎裕介：画像処理型流速測定法を用いた流量観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。
- 2) 河川砂防技術基準 調査編、pp.第 2 章 第 4 節-3、平成 26 年 4 月。
- 3) 原田隆史：CCTV 画像を活用した PIV 法による流速・流量観測について～（粒子画像速度計測法 [Particle Image Velocimetry]）～、2003。
- 4) 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。
- 5) 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。

2. 適用範囲

<考え方>

対象とする流量観測は高水流量観測であり、画像処理型流速測定法による高水流量観測で用いる撮影動画は CCTV カメラで撮影されたものを対象とする。

画像処理型流速測定法は、STIV 及び Float-PTV を対象とする。

本ガイドラインの対象者は、水文観測業務を発注し、水文データを管理する水文観測担当者職員とする。

2.1 CCTV カメラを活用した高水流量観測の位置付け

<考え方>

CCTV カメラを活用した高水流量観測は、以下の目的で位置づける。

1. 画像処理型流速測定法はフェールソフトの 1 つとし、計画規模を超えるような大洪水や観測所周辺で越水した場合など、浮子測法による高水流量観測が不可能であった場合に浮子測法に替わる高水流量観測の補完（画像処理型流速測定法として STIV¹⁾ を想定）
2. 浮子測法による高水流量観測時の浮子流下映像記録による観測精度の確保や浮子が決められた計測横断区間を流下しない場合の精度向上（画像処理型流速測定法として Float-PTV¹⁾ を想定）

<解説>

『河川砂防技術基準 調査編（平成 26 年 4 月改定）』において、高水流量観測手法として浮子測法、舟に搭載した ADCP（超音波ドップラー流向流速計）による流速計測法、非接触型流速計測法、超音波流速計測法、水理構造物を用いる方法が記載されている²⁾。九州地方整備局管内の流量観測所では、全観測所で浮子測法による高水流量観測を実施している（平成 27 年 2 月現在）。

従来から実施されている浮子測法による高水流量観測の課題は、以下のとおりである。

【高水流量観測の実施自体に係る課題】（表 1 及び表 2）

1. 計画規模を超えるような大洪水時には、観測所周辺、観測所までの道路冠水等により、観測現場に観測員がたどり着けなく、観測が出来ない場合がある。
2. 計画規模を超えるような大洪水時時に観測員が現場に到着できたとしても、観測員の安全を確保しづらいため、浮子測法による高水流量観測が実施できない。

【浮子測法による高水流量観測の精度に係る課題】

3. 浮子測法では第 1 見通断面から第 2 見通断面区間で浮子が同一横断位置を流下することを仮定しているが、河道の状況、流況によっては、浮子が同一断面を流下していない場合がある（図 1）。
4. 現状の浮子測法では、浮子の軌跡を記録することになっているが、軌跡を用いて浮子流速を更正することが困難である。

表 1 平成 24 年 7 月九州北部豪雨時の浸水事例（山国川柿坂観測所周辺）



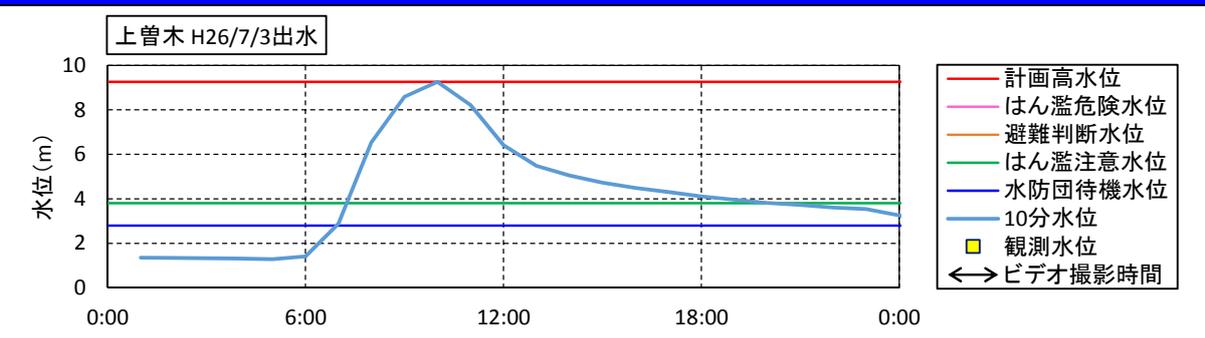
平成 24 年 7 月九州北部豪雨時の山国川柿坂観測所周辺の浸水事例



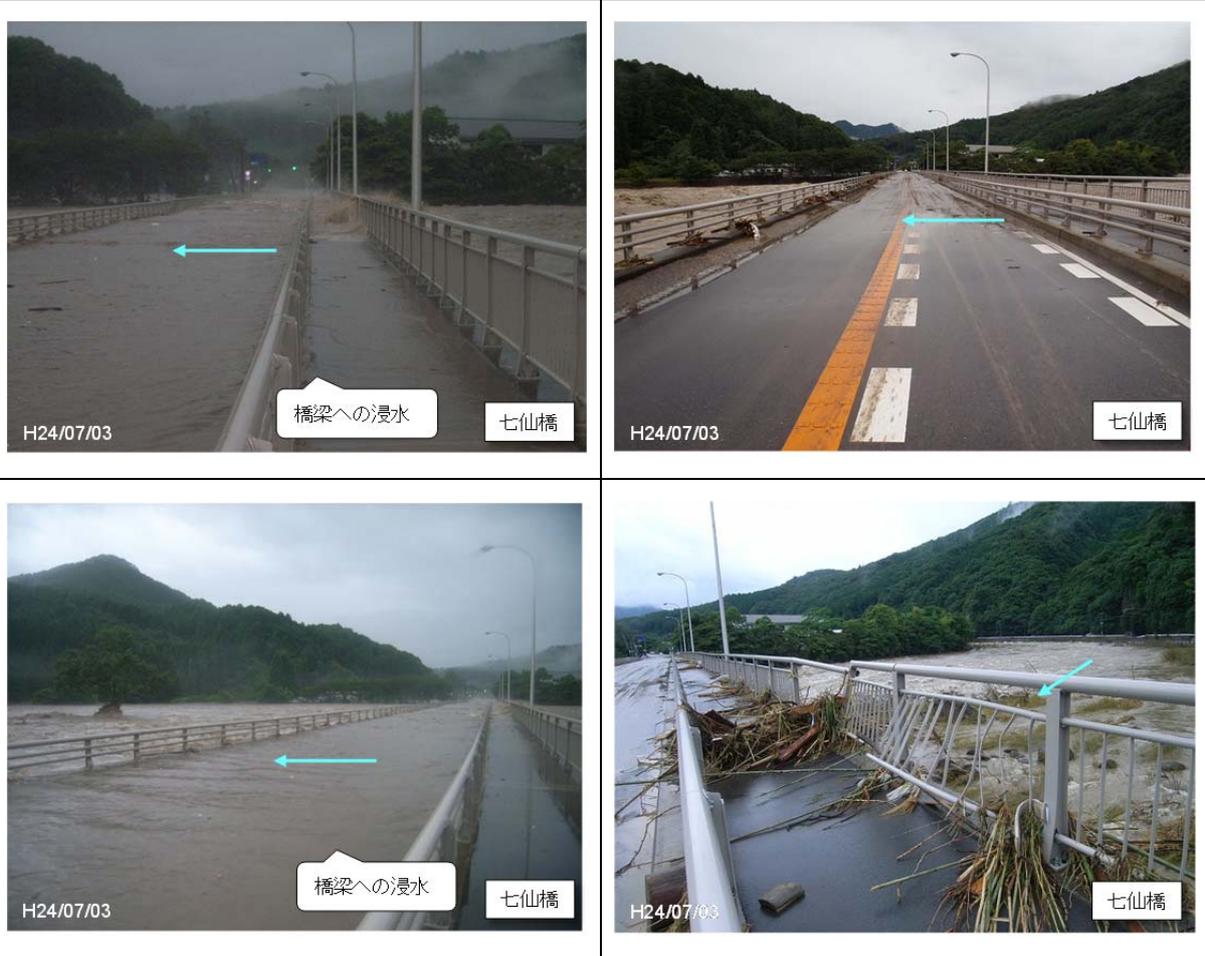
- ・ 平成 24 年 7 月九州北部豪雨時の山国川柿坂観測所周辺の浸水事例
- ・ 右岸側の国道 212 号線が浸水し観測員が見通断面で観測できない
- ・ 浮子投下機周辺も浸水したため、浮子を投下できず、高水流量観測自体実施できなかった。

表 2 平成 24 年 7 月九州北部豪雨時の浸水事例（山国川・七仙橋（上曾木観測所上流））

平成 24 年 7 月九州北部豪雨時の七仙橋直下流の上曾木観測所の水位ハイドログラフ



平成 24 年 7 月九州北部豪雨時の七仙橋の状況



超過洪水時などでは、浮子測法による観測がそもそも不可能

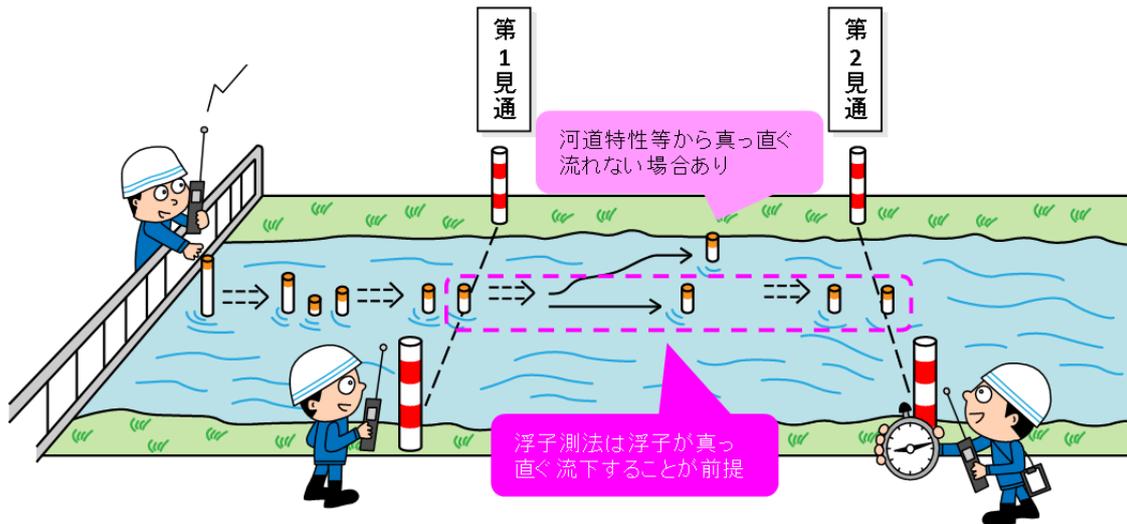


図 1 従来からの浮子測法による流速観測概念図とその課題

CCTV カメラ画像を活用した画像処理型流速測定法は水表面流速（STIV の場合、Float-PTV は浮子流下速度）を計測でき、確実性、機能性、省力化・安全性、経済性において他の流速計測手法よりも優れると考えられる。

「2.1 CCTV カメラを活用した高水流量観測の位置付け」の<解説>で示した【高水流量観測の実施自体に係る課題】に対しては画像処理型流速測定法として STIV を、【浮子測法による高水流量観測の精度に係る課題】に対しては Float-PTV の適用を、それぞれ想定している。

本ガイドラインは、CCTV カメラ画像を用いたこれら 2 つの画像処理型流速測定法を用いる場合の技術指針を記述したものである。

【高水流量観測の実施自体に係る課題への対応】（STIV を想定）

- ・ 浮子測法による高水流量観測が不可能な場合におけるフェールソフトの 1 手法
- ・ 観測所周辺で越水した場合など観測が不可能な時の高水流量観測値としての採用
- ・ 急激な洪水立ち上がり時の観測空白時間帯における補填値としての採用
- ・ 観測員確保が困難な水位下降期や 2 山洪水などの長時間観測に対する対応
- ・ 画像処理型流速測定法（STIV）の活用による浮子などの材料が不要となり経費節減

【浮子測法による高水流量観測の精度に係る課題への対応】（Float-PTV を想定）

- ・ 浮子が決められた計測横断区間を流下しない場合の精度向上
- ・ 現時点の浮子観測映像記録による観測精度の確保

<参考となる資料>

- 1) 島本重寿・藤田一郎・萬矢敦啓・柏田仁・浜口憲一郎・山崎裕介：画像処理型流速測定法を用いた流量観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.
- 2) 河川砂防技術基準 調査編、pp.第 2 章 第 4 節-16~第 4 節-28、平成 26 年 4 月.
- 3) 平成 24 年度 山国川水文観測業務、山国川河川事務所、2013.

2.2 画像処理型流速測定法とは

<考え方>

本ガイドラインでは、高水流量観測時に観測すべき流速、横断形状、水位のうち流速計測法について示したものであり、流速を計測するための画像処理型流速測定法として STIV¹⁾ ~⁷⁾ と Float-PTV¹⁾ を対象とする。

STIV は CCTV カメラで撮影した動画を活用して水表面流速を、Float-PTV は浮子流下速度をそれぞれ計測する手法である。

なお、CCTV カメラ画像を活用して画像処理型流速測定法を実施する場合、一般的に CCTV カメラ画像上で浮子を視認することが難しいため STIV を用いることが望ましい。

<解説>

「流量」とは、任意の横断面を単位時間あたりに通過する水質量であり、流量を算出するには以下の 3 つが必要である。

- 1) 河道横断形状：
流量を算出する断面の横断面形状。一般的に出水中の横断形状は変化しないと仮定。
- 2) 河道水位：
流量を算出する横断面の水位。一般的に流量算出する横断面内の水位は一様と仮定。
- 3) 流速：
流量算出する横断面内の流速横断面分布。

流量を算出するのに必要な 3 つの観測値のうち、河道横断形状は出水中の横断形状は変化しないと仮定するため、出水前後に計測した横断面形状のうち断面積が大きな横断形状を採用する¹⁾。河道水位は一般的に流量を算出する横断面内の水位は一様と仮定されているため、流量を算出する横断面内のいずれか 1 点の水位を計測すればよい。

このため、高水流量観測とは、流速横断面分布を把握するための観測であると考えられ、この流速を得るために画像処理型流速測定法を用いる。

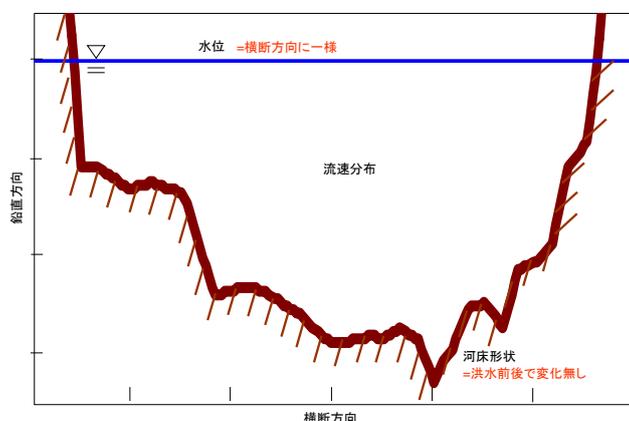


図 2 高水流量観測に必要な計測項目

画像処理型流速測定法とは、洪水流を撮影した動画画像を解析することで流速を計測する手法である。画像処理型流速測定法には複数の解析手法があるが、本ガイドラインでは、STIV (Space-Time Image Velocimetry)^{1) ~7)} と Float-PTV (Particle Tracking Velocimetry)¹⁾ の2つの解析手法を対象とする。

『河川砂防技術基準 調査編、第2章 第4節-3、平成26年4月』には、画像処理型流速計測法としてLSPIVが示されている。しかし、LSPIVはパラメータ設定や撮影動画画像の分解能に計測精度が依存するため、近年ではほとんど用いられていない。

一方、LSPIVに替わる画像処理型流速計測法としてSTIV、PTVとして浮子を活用するFloat-PTVが実用化されつつあるため、本ガイドラインではLSPIVは除外している。

STIVとは、撮影動画上の水面に流速を計測したい位置に検査線を配置し、その検査線上の波紋の移動速度を解析することで水表面流速を計測する手法である(図3)。

Float-PTVとは、撮影動画上に現れているトレーサ(本ガイドラインではトレーサを浮子と想定)を動画画像上で追跡することで、浮子流下軌跡を把握できかつ浮子流下速度を時々刻々算出することが可能な手法である(図4)。

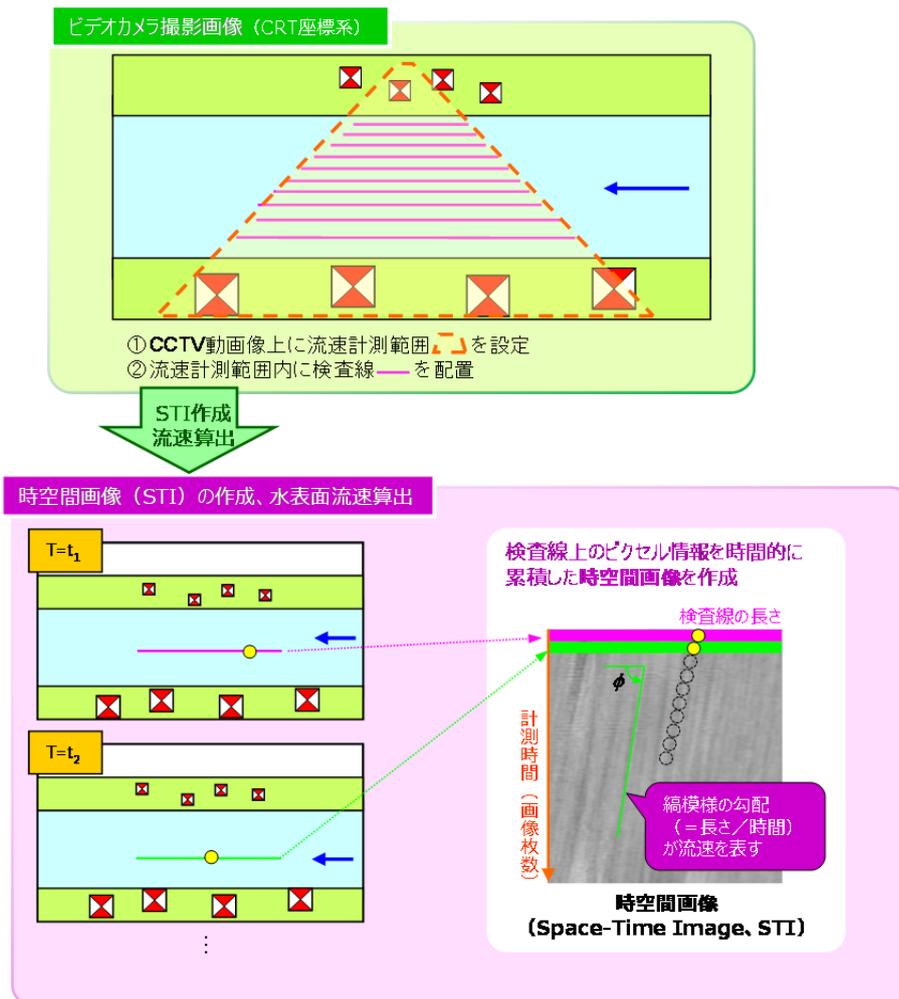


図3 STIVの概念図

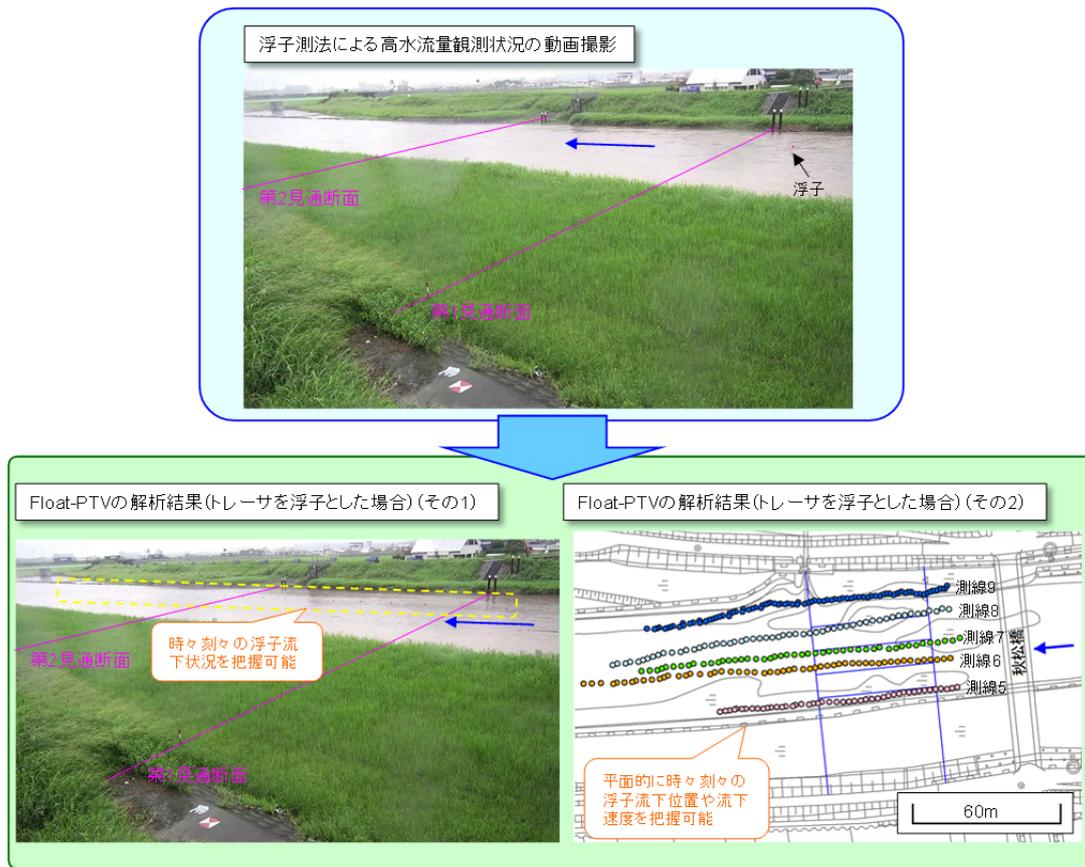


図 4 Float-PTV の概念図

<参考となる資料>

- 1) 河川砂防技術基準 調査編、pp.第 2 章 第 4 節-16~第 4 節-28、平成 26 年 4 月。
- 2) 島本重寿・藤田一郎・萬矢敦啓・柏田仁・浜口憲一郎・山崎裕介：画像処理型流速測定法を用いた流量観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) 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。
- 4) 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。
- 5) 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。
- 6) 原浩気・藤田一郎：時空間画像を用いた河川表面流解析における二次元高速フーリエ変換の適用、土木学会水工学論文集、第 54 巻、pp.1105~1110、2010。
- 7) 藤田一郎：実河川を対象とした画像計測技術
- 8) 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。
- 9) 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。
- 10) 原田隆史：CCTV 画像を活用した PIV 法による流速・流量観測について～(粒子画像速度計測法 [Particle Image Velocimetry])～、2003。

2.3 画像処理型流速測定法の適用が可能な CCTV カメラ

<考え方>

画像処理型流速測定法に活用できる CCTV カメラは以下の条件を満たすカメラであることが望ましい。

【CCTV カメラの設置目的・用途】

河川系 CCTV カメラのうち、画像処理型流速測定法に適した画角になるよう空間監視用を用いることが望ましい。

【CCTV カメラの設置場】

- ・ 画像処理型流速測定法として STIV を用いる場合は、基準断面、第 1 見通断面、第 2 見通断面いずれかの横断面上あるいはその近傍であることが望ましい。
- ・ 画像処理型流速測定法として Float-PTV を用いる場合は、第 1 見通断面から第 2 見通断面区間が撮影できる画角であることが望ましい。

【CCTV カメラの機器性能】

- ・ 旋回式三板 (HD) カメラ
- ・ 旋回式単板 (HD) カメラ
- ・ 旋回式三板カメラ
- ・ 旋回式単板カメラ

【CCTV カメラレンズ】

画像処理型流速測定法による解析をする際、出来る限りレンズの歪みがないものを用いることが望ましい。

【CCTV カメラ動画の録画機能】

必ず CCTV カメラで撮影した動画が録画できるものとする。録画可能日数は、撮影から録画終了まである程度の余裕をもち、7 日程度が望ましい（洪水時撮影で 2 日程度、洪水後の水防活動等で録画作業に着手するまで時間がかかる可能性があるため 5 日程度の余裕をみる）。

【CCTV カメラのフレームレート】

フレームレートは 30fps を標準とし、最低 7.5fps は確保する。

<解説>

本ガイドラインでは、CCTV カメラ画像と画像処理型流速測定法を活用した高水流量観測の実施が目的であるため、流速計測だけでなく、高水流量の算出まで考慮した上で、画像処理型流速測定法の適用可能な CCTV カメラの選定、設置位置の選定を行う必要がある。

CCTV カメラの選定においては、機器の性能と CCTV が設置されている場の必要条件を考慮して選定を行う。

(1) CCTV カメラの設置目的・用途

設置されている CCTV カメラについては、外部機関への映像配信のため CCTV カメラ画像配信用の画角が設定されている場合がある。このような場合は外部配信者へ流量観測用に一定時間、流量観測用の画角になる場合があることについて事前に了承を受ける必要があるとともに、事務所内でも情報共有を図る。

このような観点からは流量観測に用いる CCTV 機器は、出来る限り外部配信などの制約の無い機器を選定することが望ましい。

(2) 設置場

画像処理型流速測定法を活用し高水流量観測を行う場合、CCTV を設置する場所は用いる手法により下記に注意して設置場を選定することが必要である。

詳細は「3.1.1 プリセット画面の設定」および「3.1.4 標定点の設置」を参照されたい。

表 3 CCTV カメラ設置場の概要

画像処理型 流速測定法	CCTV カメラ設置場の概要
STIV	<ul style="list-style-type: none">・ 水表面に生じる波紋の移動状況を画像解析により水表面流速として算出する手法であり、流量観測断面全幅に亘り波紋が CCTV カメラで視認可能な位置に設置する。・ CCTV カメラ対岸部に対する俯角は極力大きい方が望ましいが、最低でも 5°程度は確保できることが望ましい（既往報告では、川幅 100m 程度の河川において対岸側での俯角が 1.7° で高精度な水表面流速が得られている知見がある¹⁾）。・ CCTV カメラの画角は、洪水時の朝夕などの太陽高度が低い場合に水面のハレーションが映り込まないようにセットすることが望ましい。
Float-PTV	<ul style="list-style-type: none">・ CCTV カメラ画像上のトレーサを動画像上で追跡することで浮子流下軌跡を把握できかつ浮子流下速度を時々刻々算出することが可能な手法である。・ トレーサとして浮子を用いる場合は、第 1、第 2 見通線を含む河道全幅が視認可能な位置に設置することが望ましい。・ 浮子測法による第 1 見通断面から第 2 見通断面区間を含む河道全幅が視認できない場合は、流量算出断面を設定しその河道全幅が視認可能な位置を設定する。・ CCTV カメラの画角は、洪水時の朝夕などの太陽高度が低い場合に水面のハレーションが映り込まないようにセットすることが望ましい。

(3) 機器の性能

CCTV カメラの規格については、『CCTV カメラ設備機器仕様（案）、国土交通省、平成 26 年 3 月』において仕様が規程されている。

高水流量観測に用いるカメラ仕様としては、画角設定を考慮すると回転式が望ましく、固定式では適切な画角設定が困難である。

近年は、CCTVカメラの更新が行われている。画像解析ではHD（ハイビジョン）カメラでは撮影画素あたりの分解能が高いため、高水流量観測の観点からはカメラ更新などにおいてはHDカメラへの更新が望ましい。

表 4 画像処理型流速測定法の概要一覧

カメラ仕様	カメラ概要	適用性
回転式三板カメラ	単板式カメラに比べ最低被写体照度が60倍程度高感度であり、低照度でも撮影が可能である。	○
回転式単板カメラ	撮影画角が広くない場合は、適用が可能。	○
回転式簡易型単板カメラ	画素数が25万画素程度であり、解像度が少ないため、撮影画角が広い場合は画像解析に適さない場合がある。	△
回転式三板（HD）カメラ	HDカメラは画素数が200万画素以上と規定されており、高解像度での撮影が可能。撮影画角が広い場合はHDカメラが望ましい。	◎
回転式単板（HD）カメラ	HDカメラは画素数が200万画素以上と規定されており、高解像度での撮影が可能。撮影画角が広い場合はHDカメラが望ましい。	◎
固定式単板カメラ	画角設定を行うことが困難であり、高水流量観測には適さない。	×
固定式簡易型単板カメラ		×

(4) CCTVカメラレンズ

CCTVカメラレンズは少なからず歪みを持っているものの、その歪みが大きいと画像処理型流速測定法に用いる動画として使用できません。

このため、画像処理型流速測定法（STIV、Float-PTVの両手法）に用いるCCTVカメラは、出来る限り、レンズに歪みがないものが望ましい。レンズの歪みの有無の判断は拡大した際に、本来は直線の部分が曲がってみえることで判断できる。

(5) CCTVカメラ動画の録画機能

画像処理型流速測定法に用いるCCTVカメラが必ず具備すべき事項として、録画機能を有している必要がある。

その録画可能日数は、洪水期間と洪水後に動画を解析用のデータとして録画保存するまでに要する2つの時間を考慮した長さとなる。また、洪水ピーク時だけ録画していればよい場合でもそのタイミングで録画することは実質不可能であるため、洪水開始時から終了後まで一連で録画できることが望ましい。併せて、被災が生じたような洪水では、水防活動などに

より洪水後すぐに録画できない状況も想定され、かつ、録画に数時間要する場合も多々想定される。

このため、洪水期間で2日程度、洪水終了後に録画に必要な時間も含めて5日程度、合計7日程度は録画できることが望ましい。

(6) フレームレート

画像処理型流速測定法により洪水時の流速計測を行う場合、画像解析では連続的に記録された映像を用いて処理を行うことを前提としている。そのため、CCTV カメラ動画のフレームレートは30fpsで記録された映像を保存することが望ましい²⁾、³⁾。なお、藤田らの研究事例から、30fpsで動画撮影が困難な夜間時などは、最低限7.5fpsを満足していれば画像処理型流速測定法（STIV）による解析が可能である。

画像処理型流速測定法に必要な録画時間は解析手法により異なるため、下記に示す録画時間で記録を行う必要がある。

表 5 CCTV カメラによる録画時間

手法	1 解析あたりの撮影時間
STIV	<ul style="list-style-type: none"> STI の検査線長を洪水の代表流速で除した時間 一般的に 1 分程度の録画時間で水表面流速計測が可能 強雨時などにおいては、降雨の状態により水面の波紋の認識が困難となる場合もあり、このような場合は連続して記録を行い、降雨の影響が少ない時間帯を抽出して解析を行うことを推奨
Float-PTV	<ul style="list-style-type: none"> Float-PTV で追跡するフロートが対象区間（浮子測法の場合は第 1 見通断面から第 2 見通断面区間）を通過するまでの録画時間が必要 複数の浮子が投下された場合は、最初から最後の浮子が対象区間を流下し終えるまで録画することが必要

<参考となる資料>

- 1) 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.
- 2) 藤田一郎：実河川を対象とした画像計測技術、p.11.
- 3) 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、pp.1003～1008、水工学論文集、第53巻、2009.

3. CCTVカメラを活用した高水流量観測

CCTVカメラを活用した高水流量観測は、大きく分けて①出水前、②出水中、③出水後に分けられる。それぞれの時期に実施すべき事項は図5の実施フローのとおりである。



図5 「CCTVカメラを活用した高水流量観測」の実施フロー

3.1 出水前

3.1.1 流速測定範囲の設定と CCTV カメラの画角設定方法

<考え方>

STIV や Float-PTV といった画像処理型流速測定法を実施する上で最も重要な CCTV カメラの画角設定は、以下の手順で実施する。

1. 流速観測だけでなく流量算出まで考えた上で流速計測する範囲を予め想定し、CCTV カメラの通常プリセット画角でその計測範囲が撮影できるか確認する。
2. 通常プリセット画角で流速計測範囲を撮影できない場合は、CCTV カメラを旋回させることでその計測範囲が撮影できるか確認する。
3. STIV の場合は流速計測する横断面が撮影できるかを確認する。STIV の画角は一般的に堤防法線方向に画角を向けることで、高精度な水表面流速計測が可能となる。
4. Float-PTV の場合は第 1 見通断面から第 2 見通断面区間を 1 画角内で撮影しなければならない。Float-PTV の画角は一般的に第 1 見通断面と第 2 見通断面の左右岸の見通杭が撮影できることが望ましい。
5. 高水流量観測用にプリセットする際の留意事項は、以下のとおりである。
 - 俯角（水平（水面）を基準とした上下の角度。例えば、堤防から水面に CCTV カメラレンズを向けた際の水平面との角度）が大きい画角が望ましい。
 - 俯角を確保するあるいはホワイトバランスへの悪影響を避けるため、画像処理型流速測定法で必要のない（解析対象外の）空は画角に入らないことが望ましい。
 - STIV 及び Float-PTV とともに、高水流量を算出するため、計画規模を超えるような大洪水などでも左右岸水面際まで撮影できる画角が望ましい。そのため、CCTV カメラのズーム機能は、最大の広角画面で設定することが望ましい。

<解説>

CCTV カメラの画角を設定する場合、STIV あるいは Float-PTV により流速計測ができればよいのではなく、最終目標である高水流量の算出まで考慮した上で画角を設定する必要がある。すなわち、流速計測箇所近傍の水位（洪水時）や横断測量（洪水前後）成果が取得しやすい範囲に流速計測範囲を設定し、その流速計測範囲を撮影できる画角に CCTV カメラ画角を設定する。併せて、標定点の設置箇所、標定点の種類まで考慮することが望ましい。

このため、STIV と Float-PTV は流速計測の考え方が異なることから、それぞれの画像処理型流速測定法に即した CCTV カメラ画角に設定する必要がある。

(1) STIV の画角設定

STIV は検査線上（図 3）の水表面流速を計測することから、基準断面（あるいは、第 1 見通断面、第 2 見通断面のいずれか）が検査線の中央にくるように設定することが最も望ましい。そうすることで、水位は予め水位計で計測しており、横断形状は通常洪水前後（最低でも年に 1 回）で計測していることから、概ね、これまでの浮子測法による高水流量観測の実施範囲内で流量算出まで可能である。

図 6 に STIV の画角設定における概念図を示す。九州地方整備局管内の高水流量観測地点近傍の CCTV カメラは、基準断面の延長線上（あるいは第 1 見通断面上、第 2 見通断面上）あるいはこれら断面延長線上から多少離れた位置に多く設置されているため、画角は一般的に堤防法線方向に画角を向けるが望ましい。表 6 に具体的な事例を示す。併せて、図 6 以外のケースに対し、表 7 に具体的な事例を示す。

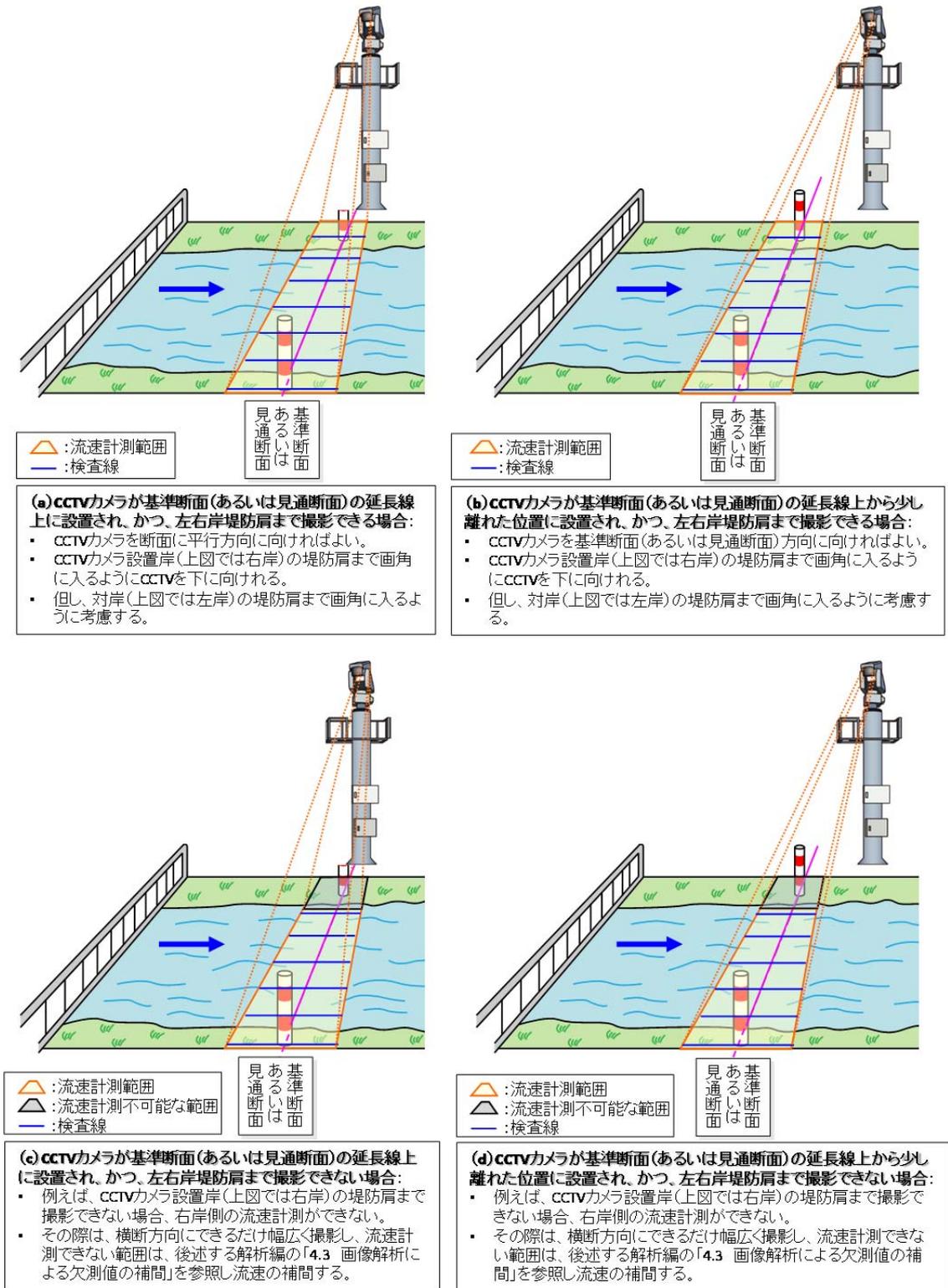


図 6 STIV の画角設定概念図

表 6 STIV の画角設定事例 (1/4) (図 6 (a) の事例)

水系名	肝属川	河川名	始良川	観測所名	始良橋
観測所種別	1種	カメラ名	始良橋水位	カメラ種類	SD
プリセット画角 (通常)			高水流量観測用のプリセット画角		
高水流量観測用のプリセット画角へのプリセットの考え方			<ul style="list-style-type: none"> ・ CCTV カメラが基準断面の延長線上に位置しており、プリセット画角 (通常) で基準断面を撮影しており、当初からほぼ STIV の設定画角の条件を満足 ・ プリセット画角 (通常) では CCTV カメラ設置岸が堤防肩まで撮影できていないため、より望遠にすることで左右岸ともに堤防肩までの横断範囲を撮影可能 		

表 6 STIV の画角設定事例 (2/4) (図 6 (b) の事例)

水系名	遠賀川	河川名	中元寺川	観測所名	春日橋
観測所種別	2種	カメラ名	春日橋水位観測所	カメラ種類	SD
プリセット画角 (通常)			高水流量観測用のプリセット画角		
高水流量観測用のプリセット画角へのプリセットの考え方			<ul style="list-style-type: none"> ・ CCTV カメラが基準断面延長線上よりも少し上流に位置するものの、プリセット画角 (通常) で基準断面を撮影しており、当初から STIV の設定画角の条件 (流速計測範囲、左右岸ともに堤防肩までの横断範囲を撮影可能) を満足 ・ このため、プリセット画角 (通常) をそのまま採用 		

表 6 STIV の画角設定事例 (3/4) (図 6 (c) の事例)

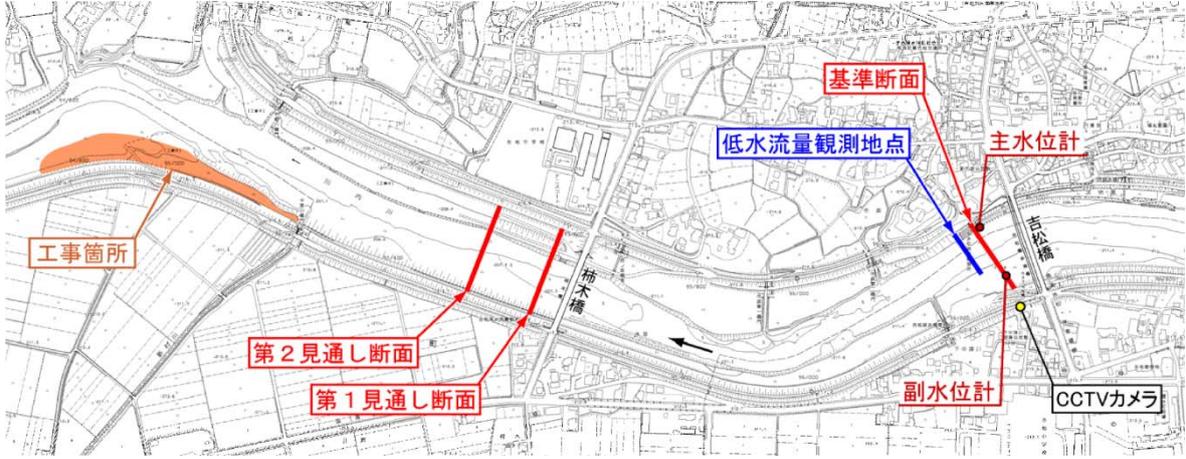
水系名	川内川	河川名	川内川	観測所名	吉松
観測所種別	2種	カメラ名	吉松橋	カメラ種類	SD
					
プリセット画角 (通常)			高水流量観測用のプリセット画角		
					
高水流量観測用のプリセット画角へのプリセットの考え方			<ul style="list-style-type: none"> ・ CCTV カメラは基準断面延長線上に設置 ・ プリセット画角 (通常) は基準断面ではなく、上流の吉松橋方向を撮影 ・ CCTV カメラ画角を基準断面方向に画角を修正 ・ 一方、CCTV カメラ設置岸である左岸堤防肩までは撮影できないため、水位が高い場合には撮影できていない左岸側の範囲の水表面流速は未計測 		

表 6 STIV の画角設定事例 (4/4) (図 6 (d) の事例)

水系名	大分川	河川名	大分川	観測所名	府内大橋
観測所種別	1種	カメラ名	大分川 6k750	カメラ種類	SD
プリセット画角 (通常)			高水流量観測用のプリセット画角		
高水流量観測用のプリセット画角へのプリセットの考え方			<ul style="list-style-type: none"> ・ CCTV カメラが基準断面延長線上よりも少し上流に位置し、プリセット画角 (通常) では基準断面上流の府内大橋を主体に撮影 ・ CCTV カメラ画角を基準断面方向に画角を修正 ・ 一方、CCTV カメラ設置岸である右岸堤防肩までは撮影できないため、水位が高い場合には撮影できていない右岸側の範囲の水表面流速は未計測 		

表 7 STIV の画角設定事例 (1/2) (図 6 以外の事例)

水系名	筑後川	河川名	巨瀬川	観測所名	中央橋
観測所種別	2種	カメラ名	中央橋水位観測所	カメラ種類	SD
プリセット画角 (通常)			高水流量観測用のプリセット画角 (流速計測範囲を修正)		
高水流量観測用のプリセット画角へのプリセットの考え方			<ul style="list-style-type: none"> ・ CCTV カメラが基準断面延長線上よりも少しずれた位置に設置されており、プリセット画角 (通常) では基準断面を撮影 ・ 一方、プリセット画角 (通常) では CCTV カメラ設置岸の右岸側の撮影できない範囲が広いので下流に向けることで、左右岸堤防肩の横断範囲を撮影可能 		

表 7 STIV の画角設定事例 (2/2) (図 6 以外の事例)

水系名	肝属川	河川名	下谷川	観測所名	鉄道橋
観測所種別	2種	カメラ名	鉄道橋水位	カメラ種類	SD
プリセット画角 (通常)			高水流量観測用のプリセット画角		
<p>肝属川水系下谷川 Tk007左岸 鹿児島県鹿屋市新栄町鉄道橋水位</p>			<p>肝属川水系下谷川 Tk007左岸 市新栄町鉄道橋水位</p> <p>□ 流速計測範囲</p>		
高水流量観測用のプリセット画角へのプリセットの考え方			<ul style="list-style-type: none"> ・ CCTVカメラと基準断面 (あるいは見通断面) 間距離が長い ・ かつ、図 6 に示すような流向に直交する方向に CCTVカメラ画角を設定することが困難 ・ このため、流れに平行に CCTVカメラレンズの向きを設定 (プリセット (通常) の画角をそのまま採用) 		

(2) Float-PTV の画角設定

Float-PTV は第 1 見通断面から第 2 見通断面区間をトレーサ追跡できるように、それぞれ流速計測範囲を設定することが望ましい。

図 7 に Float-PTV の画角設定概念図を示す。一方、CCTV カメラ画像を活用した Float-PTV は、画角設定と CCTV 画像上でトレーサを追跡できるだけの分解能が必要である。このような条件を満たす CCTV カメラは、平成 27 年 2 月現在、ほとんどない。

表 8 に Float-PTV の事例を示すが、解析実績がないため適用性については検討中である。

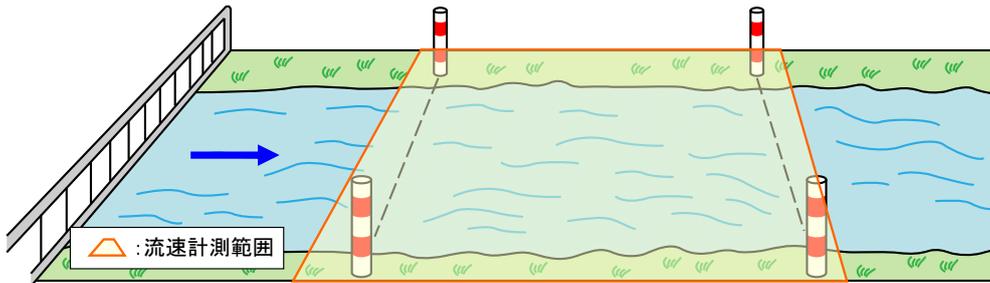


図 7 Float-PTV の画角設定概念図

表 8 STIV の画角設定事例

水系名	遠賀川	河川名	遠賀川	観測所名	勘六橋
観測所種別	3 種	カメラ名	遠賀川河川事務所上流	カメラ種類	SD
プリセット画角（通常）			プリセット画角（高水流量観測）		

3.1.2 CCTVカメラの高水流量観測用のプリセット方法

<推 奨>

CCTVカメラの高水流量観測用のプリセットをする場合は、以下に留意する。

1. プリセット機能を用いて、高水流量観測用に番号を割り付け、操作盤には高水流量観測用であることを標記する。
2. 既に画角を設定している高水流量観測用のプリセット画角は、改めて標定点の設置と三次元座標測量の実施が必要であり、幾何補正精度の確認も実施しなければならないため、原則変更しない。変更が必要な場合は水文担当職員にその旨を連絡し、必要な対応（標定点の設置、三次元座標測量、幾何補正精度の確認）を講ずる。
3. 高水流量観測用のプリセットの確定後、CCTVカメラがどのような画角においても、高水流量観測用のプリセットに設定後、必ず、プリセットした高水流量観測用のプリセット画角に戻ることを確認することが望ましい。

<解 説>

CCTVカメラの高水流量観測用のプリセットをする際、上記<推 奨>に記載している1～3.について確認あるいは実施することが望ましい。

このうち、上記<推 奨>の3. 画角のブレの確認は、以下の手順で実施する。

- ・ 定まったプリセット画面で位置が確認できる固定点を画面上でマークする。その後、カメラ画角を他の画角に移動し、プリセット機能を用いて再度流速観測用の画角に移動する。そのときに、事前にマークした固定点の位置が、画面にマークした位置と異なっているかについて確認を行う。
- ・ マークがブレている場合、流速観測用のプリセット画角にカメラが右回転して移動する場合と左回転して移動する場合のブレを把握し、ブレの少ない回転方向で流速観測用の画角に移動するように設定する。
- ・ 実際に、CCTVカメラの画角をプリセットした場合でも、この“アソビ”により画角はズレる場合がある。その場合は、画像を平行移動させるなどの微修正を行う。

3.1.3 CCTV カメラ動画の録画方法の確認

<考え方>

CCTV カメラ録画像を用いた画像処理型流速測定法を実施する際に、CCTV カメラの録画方法を確認する。確認する項目は、以下のとおりである。

- ・ 対象としている CCTV カメラで撮影した動画を録画できるか
- ・ 録画可能時間
- ・ 録画した動画の保存可能時間
- ・ 録画した動画のファイル名の編集方法（ファイル名には水系名、河川名、観測所名、録画開始日時、録画終了日時を記載）

<解説>

CCTV カメラは監視カメラ用として設置されている機器が多いため、録画機能を有していない機器も多く設置されている。また、録画機能を有する機器においても録画容量の制約から一定期間（2週間程度が多い）過ぎると上書きされることが多い。

そのため、画像処理型流速測定法を用いるためには、対象機器の録画機能について確認を行い、洪水後に録画像を保存する方法について、事前に確認を行うことが必要である。

また、CCTV カメラの録画像から洪水時の流速を計測するには概ね 1 分程度の録画像が記録されていれば、画像解析により流速計測が可能である。そこで、CCTV カメラの記憶容量などの制約がある場合は、一定時間間隔（流量の算出間隔）で記録を行うことが望ましい。一定間隔での録画にあたっては、ファイルの保存に注意が必要である。

録画した動画のファイル名は、以下の記載をする。

- ・ 水系名
- ・ 河川名
- ・ 観測所名
- ・ 録画開始時刻と録画終了時刻（西暦表記、時刻は秒まで記載）

例として、以下のファイル名とする。このファイル名の意味は、水系名が遠賀川、河川名が穂波川、観測所が秋松橋、撮影開始時刻が平成 27/1/29 00:00:00、撮影終了時刻が平成 27/1/30 06:39:40 を、それぞれ意味する。

ファイル名：遠賀川水系_穂波川_秋松橋_20150129000000_20150130063940

3.1.4 標定点の設置

<考え方>

標定点が満足すべき条件は以下のとおりです。

- ・ 高水流量観測用にプリセットした CCTV カメラ画像上で「標定点」であると指し示すことができるものを標定点とする。
- ・ 標定点は少なくとも 6 点以上設置する。
- ・ 画像処理型流速測定法を決定した後に流速計測範囲決める。標定点の配置方法は、その流速計測範囲の周囲に満遍なく配置する。併せて、平面・鉛直方向の両方向にジグザグに標定点を配置することが望ましい。
- ・ 標定点は、①既設構造物、②測量赤白ポール・木杭、③ベニヤ板等で作成した標定点、の順番で選定すればよい。
- ・ ②は CCTV カメラ設置岸に、③は CCTV カメラ対岸に用いられることが想定される。なお、標定点として①を選択した場合と②・③を選択した場合は作業工程が異なるため注意する。
- ・ 画像処理型流速測定法を確実に実施するため、標定点は原則出水前に設置し三次元座標測量まで終了させる。

<解説>

一般的に CCTV カメラ画像は、河川を垂直航空写真のように、河川の真上から撮影した画像ではなく、一般的には斜めから撮影された大きな歪みを伴った画像である。これら CCTV 画像を用いて画像処理型流速測定法による流速解析を実施する場合、必ず録画像を真上から見下ろした画像に変換（幾何補正）する必要がある（図 8）。その際に、標定点（座標のある目印）が必要になる。

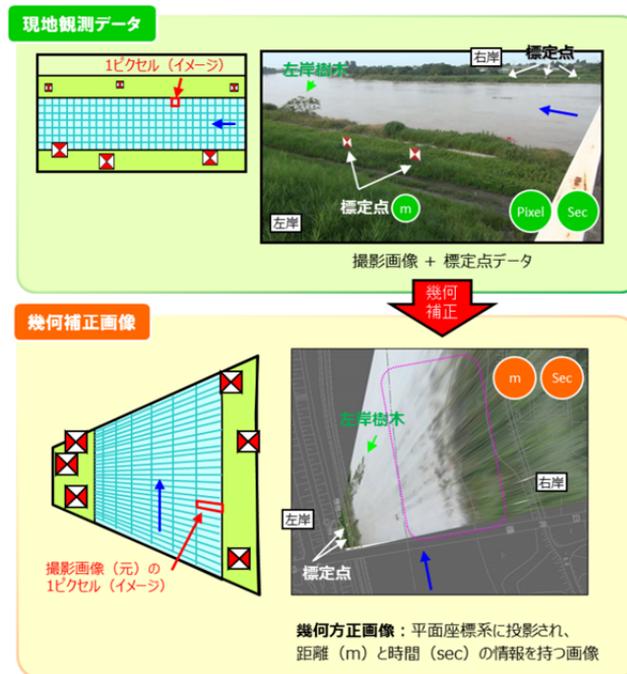


図 8 幾何補正の概念図

(1) 標定点の配置

<考え方>

標定点の設置は、下記の点に留意して配置する。

1. 流速計測範囲周辺部の手前、対岸などに少なくとも 6 点、可能であれば 10 点程度配置する。
2. 標定点の配置は、流速計測範囲の周辺部に満遍なく（均等に）配置され、かつ、平面・鉛直方向の両方向にジグザグに標定点を配置することが望ましい。
3. 対岸、遠方の標定点は CCTV 画像上で視認がしにくいいため、確実に確認可能な対象物を標定点として設定する。

<解説>

標定点の設置位置、設置個数は画像解析の精度に大きく影響する。

画像処理型流速測定法を実施する際、一般的には斜めから撮影される CCTV 画像を真上から見た画像に変換する必要がある。その際、物理座標（実空間座標）と CCTV カメラ画像上の座標（CRT 座標）がそれぞれ既知である“点”すなわち標定点を用いて幾何補正をする（図 9）。

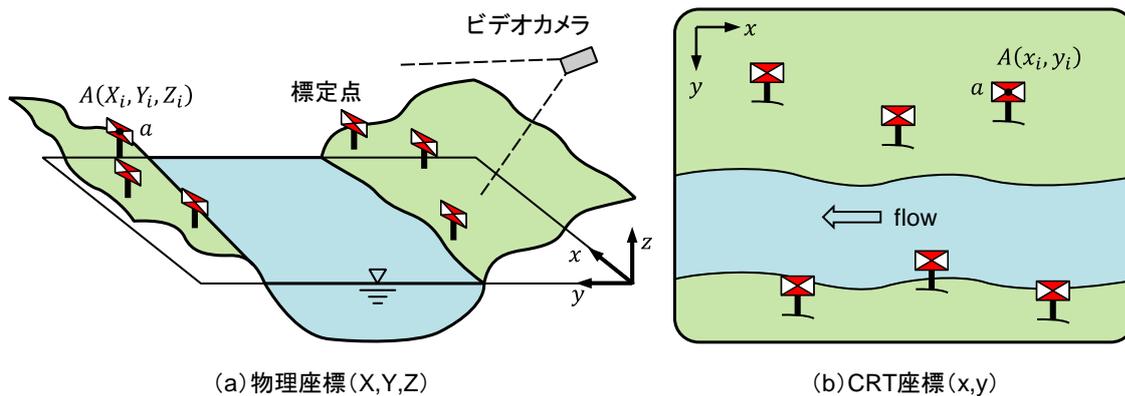


図 9 標定点の物理座標と CRT 座標の関係図

標定点の個数は、最低 6 点は必要である。画像処理型流速測定法の幾何補正に用いる標定点は、最小で 6 点であるが、幾何補正に用いる標定点の位置を変化させることで、幾何補正精度を高めることが可能となる。そこで、10 点程度の標定点から複数組で 6 点を抽出し幾何補正精度の検証を行い、最も精度の高い標定点の組み合わせを用いることも有効的である。

精度良く幾何補正する必要があるのは CCTV 画像の全範囲ではなく、流速計測範囲だけで十分である。このため、標定点は流速計測範囲の周辺部に満遍なく（均等に）配置する。また、平面・鉛直方向の両方向にジグザグに標定点を配置することが望ましい（図 9 及び図 10）。

表 9 CCTV カメラレンズの歪みによる影響の事例

番匠川水系・番匠川・番匠橋



CCTV カメラ対岸の標定点 7～10（実際はベニヤ板で作成）はカメラから遠いことも要因であるが、レンズの歪みのため幾何補正精度が低い。堤防が湾曲していることから、CCTV カメラレンズの歪みを判断できる。

肝属川水系・始良川・始良橋



標定点をレンズの端（縁）ではなく、できるだけ中心部に配置した事例。レンズの歪みの影響を受けず、画像処理型流速測定法の実施が可能となる。

(2) 標定点の設置工程

<考え方>

標定点の設置は出水前と出水後のどちらでもよいが、出来る限り出水前が望ましい。

①既設構造物を標定点とした場合は、出水時における CCTV 録画像があればよい。

一方、標定点として②測量赤白ポール・木杭あるいは（又は）③ベニヤ板等で作成した標定点を用いる場合は、出水時における CCTV 録画像と出水時と同じ高水流量観測用にプリセットした CCTV 録画像上に標定点が撮影された動画を用意する。

<解説>

標定点として、①既設構造物を標定点とした場合と、②測量赤白ポール・木杭あるいは（及び）③ベニヤ板等で作成した標定点を選択した場合とでは、作業工程が異なる。これは、画像処理型流速測定法による解析をする出水時の CCTV 録画像上に標定点が映っているか映っていないかの違いによる。

既設構造物を用いる場合は、出水時の CCTV 録画像上に常に標定点（既設構造物）が映っているため録画像上で標定点を指し示すことが可能である。一方、赤白ポール・木杭あるいはベニヤ板等で作成した標定点を用いる場合は、出水時の CCTV 録画像上に標定点は映っていないため録画像上で標定点を指し示すことが不可能である。このため、別途、CCTV カメラを高水流量観測用プリセット画角にセットし、標定点を現場に設置した録画像を用意する必要がある。標定点として、②赤白ポール・木杭あるいは③ベニヤ板等で作成した標定点を用いた場合の具体的な作業工程を表 10 に示す。

表 10 ②赤白ポール・木杭、③ベニヤ板等の標定点を用いた場合の役割分担と作業工程

手順	事務所	流観業者
1		<ul style="list-style-type: none"> ・ CCTV 画像上で標定点が視認できるか事前に確認（特に CCTV カメラ対岸の標定点） ・ 設置する標定点の選定 ・ ②赤白ポール・木杭の用意 ・ ③ベニヤ板等で作成した標定点の製作
2	<ul style="list-style-type: none"> ・ 事務所と流観業者で測量に入る日時・測量箇所を確認・決定 ・ CCTV カメラの画角セット方法・録画方法の確認 	事務所と流観業者で測量に入る日時・測量箇所を確認・決定
3	CCTV カメラを高水流量観測用プリセット画角にセットし録画を開始	
4	確認すべき事項： <ul style="list-style-type: none"> ・ CCTV カメラ画角が高水流量観測用プリセットに設置されているか再確認 ・ 全ての標定点が設置されているか ・ 全ての標定点が良好に視認できるか 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 標定点の設置 ・ 設置した標定点の写真撮影
5		標定点と高水流量観測用プリセット画角時の CCTV カメラレンズの三次元測量の実施
6		標定点の撤去
7	<ul style="list-style-type: none"> ・ CCTV カメラの録画終了 ・ CCTV カメラ録画像の保存 	
8		<ul style="list-style-type: none"> ・ 標定点・CCTV カメラレンズの三次元座標整理 ・ 整理したデータの提出
9	CCTV カメラ録画像と流観業者からの提出物（8に記載）の一括保存	

(3) 既設構造物を活用した標定点

<考え方>

標定点として利活用できる既設構造物は、例えば、以下が考えられる。既設構造物を標定点として利活用する際には、CCTV カメラ画像上でより視認性を向上させるため、既設構造物に着色すると望ましい。

標定点として利活用できる既設構造物例（写真 2 及び写真 1）

- ・ 基準断面、第 1 見通断面、第 2 見通断面の H 鋼の先端部
- ・ 水位標の先端部
- ・ 橋梁の欄干や橋脚の目印となる箇所
- ・ ガードレール
- ・ 高水敷護岸や低水路護岸などの角や階段
- ・ 水位観測所局舎等の建物（例えば、屋根の角部など分かり易い箇所）

<解説>

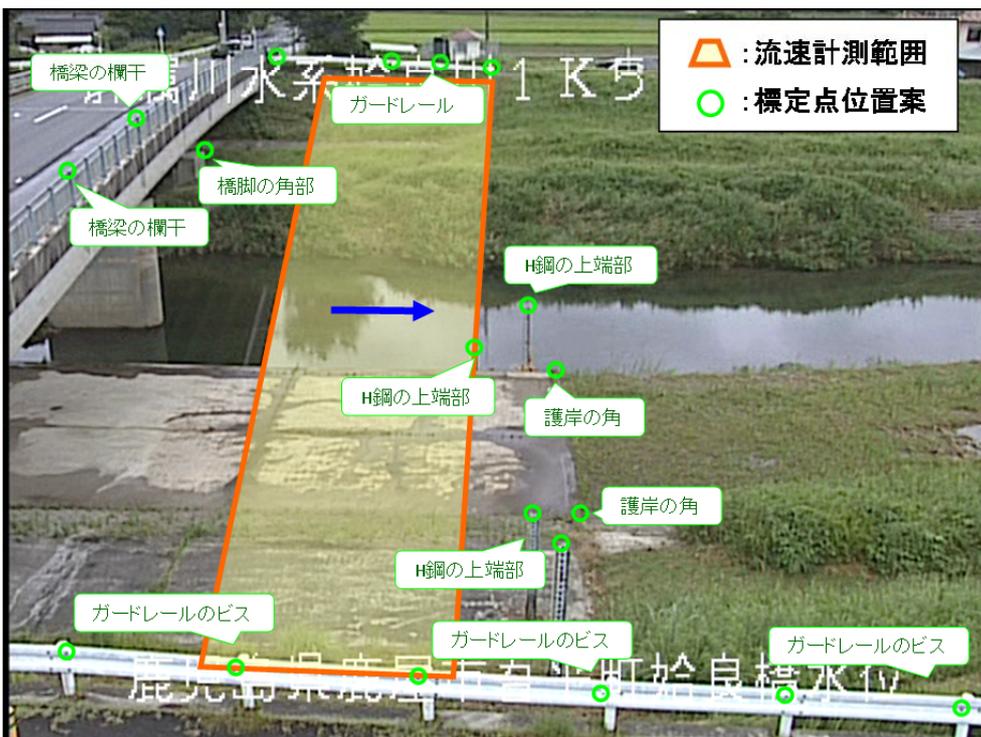
標定点は、CCTV カメラ画像上で「標定点」とであると指し示すことができればよいので、後述するように新たに標定点を設置するのではなく、既設構造物を利活用することが最も容易である。また、既設構造物を利活用することで、画角などを変更しても、標定点として再利用できるため再現性が高くかつ効率的である（写真 2）。

また、既設構造物を標定点とした際にその視認性を向上させるために着色できれば、より CCTV カメラ画像上での視認性が向上するため望ましい。（写真 1）。



既設構造物(H鋼上流端部)を白色にしかつ矢印を書くことで標定点の視認性を向上した事例

写真 1 既設構造物の視認性向上のための着色事例



標定点設置のポイント

- 標定点は可能な限り、既設構造物を活用することが望ましい
- 流速計測範囲の周辺に満遍なく最小で**6点**(6点より多くあると理想)
- 中々できる地点は少ないが、標定点は出来る限り水平・鉛直方向にジグザグに配置することが理想
- この考えに基づいて標定点を○印で記載

写真 2 既設構造物を利活用した標定点事例

(4) 測量赤白ポール・木杭を活用した標定点

<考え方>

新たに標定点を設置する場合、測量赤白ポール・木杭を用いることができる。その際はその先端部を標定点とするとよい。

測量赤白ポール・木杭は CCTV カメラ画像上で視認できる必要があるため、CCTV カメラに近い箇所に設置することが望ましい。

<解説>

CCTV カメラの高水流量観測用プリセット画角内に既設構造物がない場合、標定点を新たに設ける必要がある。その際、簡単に用意できるものとして測量赤白ポールや木杭が考えられ、それらの先端部を標定点とすることが望ましい（写真 3）。

測量赤白ポールや木杭を標定点として活用する場合、既設構造物や後述するベニヤ板等で作成した標定点に比べて、CCTV カメラ画像上での視認性が劣る。このため、これらを活用する場合には CCTV カメラに近い箇所に採用することが望ましい。

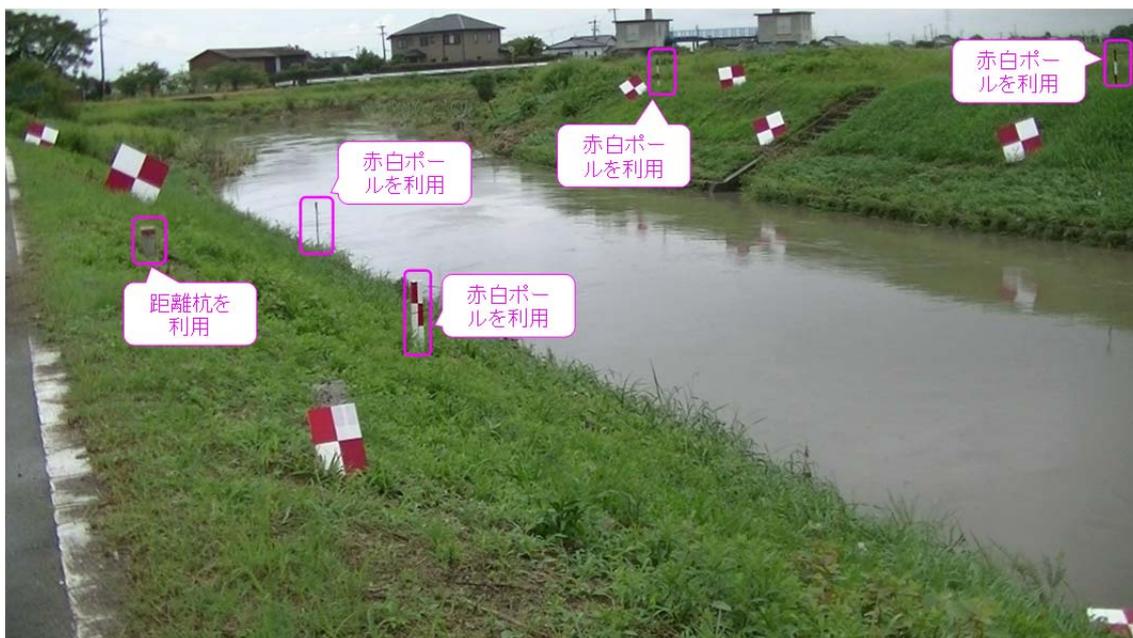


写真 3 測量赤白ポール・木杭を活用した事例

(5) ベニヤ板等で作成した標定点

<考え方>

CCTV カメラから遠い位置に新たに標定点を設置する場合、ベニヤ板等で作成した標定点を用いることが望ましい。標定点の配色については、赤白を標準とするものの、太陽光などで視認しづらい場合は黄黒を用いて作成すると視認性がよくなる場合もあるため、現場状況に応じた標定点を設置することが望ましい。

<解説>

CCTV カメラから遠い位置に標定点を設置する場合、上述した測量赤白ポール・木杭よりもベニヤ板等で作成した標定点を活用することが望ましい。

ベニヤ板を用いた標定点の作成方法は以下のとおりである。

- ・ 標定点は高さ 90cm×幅 90cm とし、3本の 50cm の足を固定する。
- ・ 中央に×印を書き、その上下を赤色に、左右を白色に塗りつぶす。ここで、×に書く理由は、×印中心部を標定点座標（三次元座標を測量）とするため、赤色と白色で×印を描くことでその位置を明確にするためである。



図 11 ベニヤ板で作成した標定点の例

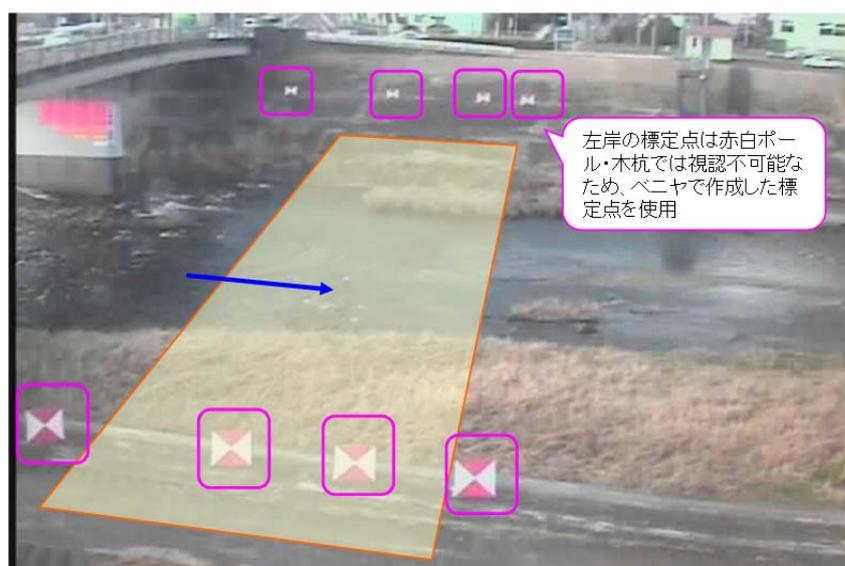


写真 4 ベニヤ板を用いて製作した標定点の事例

参考資料：標定点の配色の違いによる視認性実験

本実験は、「平成 25 年度川内川水系流量観測その外業務」で実施された結果である。

本ガイドライン中における標定点は、全て赤と白（あるいは白のみ、赤のみ）のみを用いた配色となっている。CCTV カメラを活用した画像処理型流速測定法（STIV と Float-PTV と）を実施する場合、CCTV カメラ画像上での標定点の視認性は必須であるため、表 11 に示す実験を、川内川水系川内川の栗野橋観測所と川内観測所（表 13）で実施した。

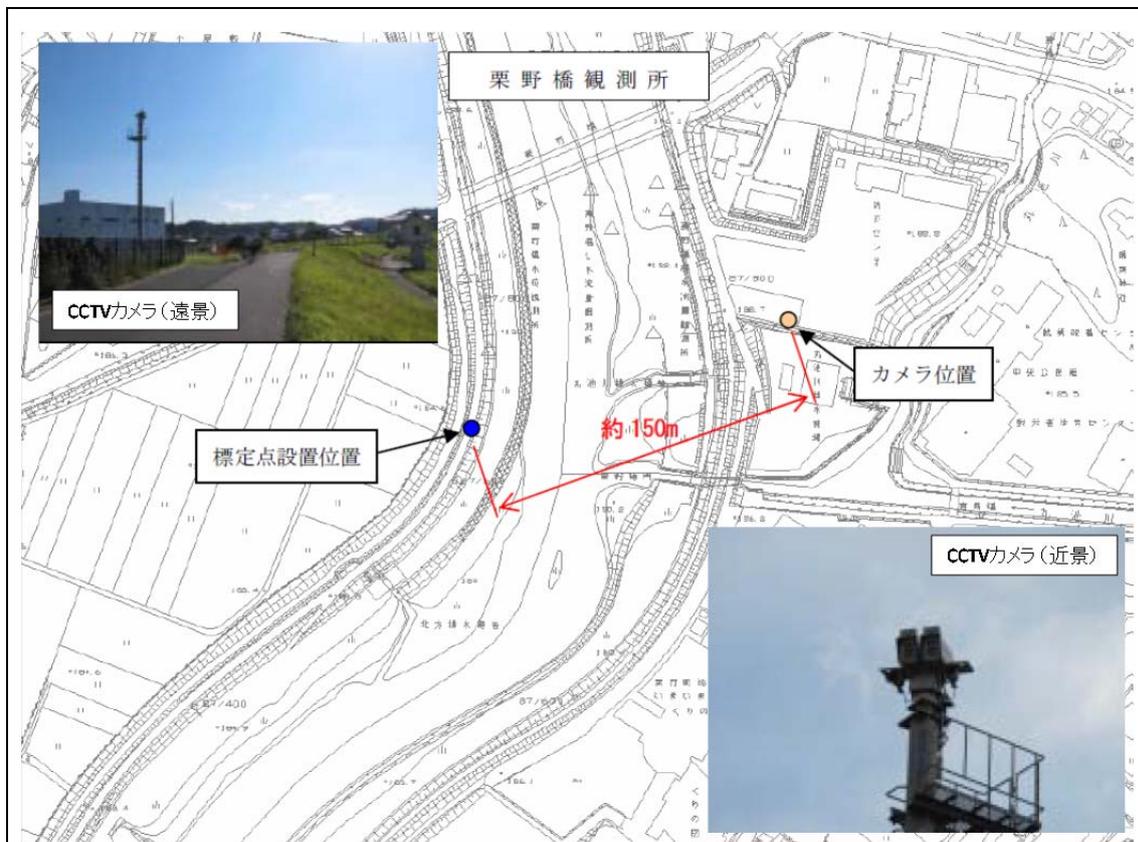
表 11 標定点の視認性実験一覧

実験 1	標定点のサイズ別の視認性実験
実験 2	標定点の色別の視認性実験
実験 3	カメラからの距離別の標定点の視認性実験
実験 4	標定点の夜間発光物別の視認性実験

表 12 栗野橋観測所と川内観測所の CCTV カメラ性能一覧

方式	旋回式単板カメラ装置
画像素子	単板 CCD
画素数	38 万画素
映像出力方式	NTSC
解像度	水平 480 本
ズーム比	10 倍以上
オートフォーカス	ワンプッシュ式

表 13 CCTVカメラ設置状況



1) 標定点のサイズ別の視認性実験

【実験方法】

標定点のサイズ別の視認性を確認するために、栗野橋観測所にて実験を行った。表 13 に示すように、カメラから約 150m 離れた右岸堤防天端に表 14 に示す「黄色+赤色」の標定点をサイズ別（70×70cm、50×50cm、30×30cm）に設置し、視認性を確認した。

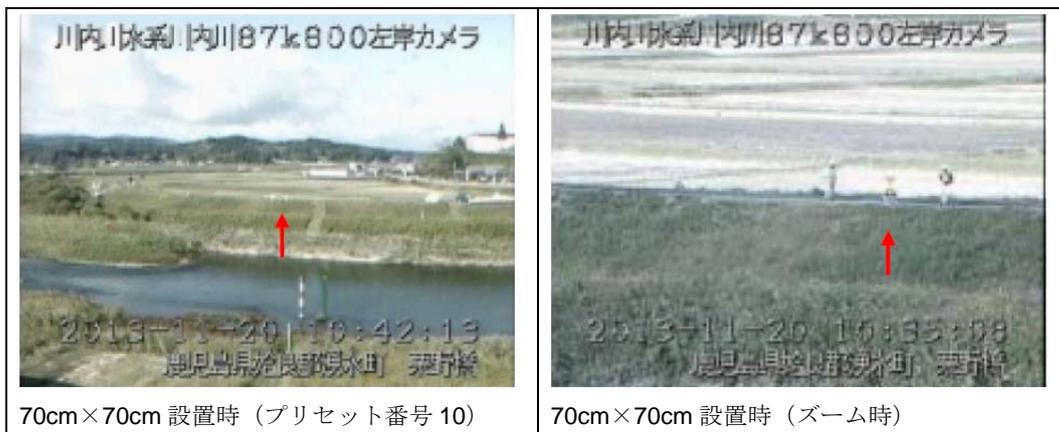
表 14 標定点の種類と設置状況



【結果及び考察】

- ・ 栗野橋観測所において、CCTV カメラから約 150m 離れた位置に複数の種類の標定点を設置し、その視認性を確認した。
- ・ その結果、カメラから確認できるものは 70×70cm の標定点のみとなり、30×30cm 及び 50×50cm は視認できなかった。
- ・ また、周辺の風景と同化する色では視認することが難しく、太陽の方向（光の向き）によって標定点が反射し、視認性が著しく低下することがわかった。

表 15 標定点の視認性（約 150m 離れた位置の標定点）



2) 標定点の色別の視認性実験

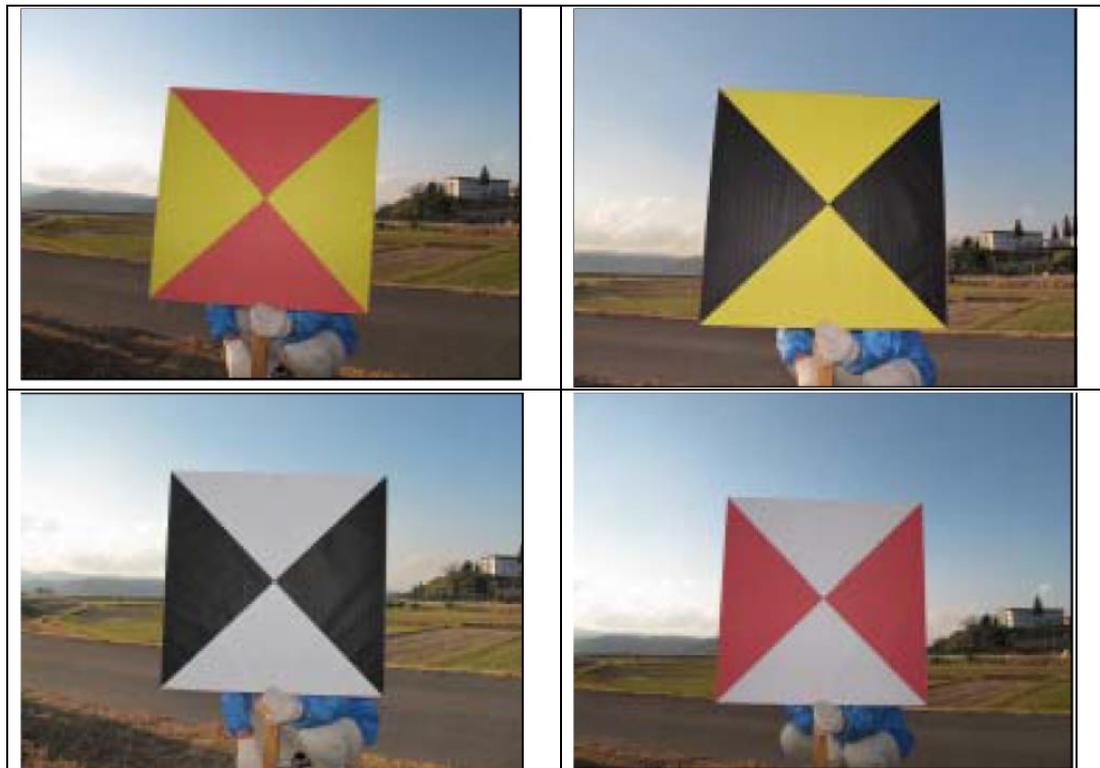
標定点の色別の視認性を確認するために、栗野橋観測所にて実験を行った。

表 13 に示すようにカメラから約 150m 離れた右岸堤防天端に標定点を色別（黄色＋赤色、黄色＋黒色、黒色＋白色、白色＋赤色、）に設置し、視認性の確認を行った。また、サイズは実験 1 で視認性が確認された 70×70cm とした。

この結果、以下のことがわかる。

- ・ 「黄色＋黒色」が最も視認性が高いことが確認できたが他の色との差異は殆どない。
- ・ また、色別の視認性は現地の周辺状況（周辺の色、天候、光量、光の向き）によって左右される傾向が強いことがわかった。そのため、すべての条件下において対応できる色の組み合わせを求めるのは難しいと考える。

表 16 標定点の色別の視認性実験で使用した標定点の配色一覧



3) カメラからの距離別の標定点の視認性実験

カメラからの距離別の視認性を確認するために川内観測所において実験を行った。図 3 に示すように、標定点をカメラから 50m 間隔に設置し、標定点のサイズと距離の視認性の違いを調べるものである。なお、標定点からカメラの距離はカメラから標定点までの斜距離とし、標定点の色は「赤色＋白色」とする。

これより、以下のことが分かる。

- ・ 各標定点の視認性を表 17 に示す。
- ・ カメラからの距離が離れると標定点のサイズも大きい方が有効であるが、各距離で対応できる 90×90cm の標定点をカメラから近い場所に設置する必要はない。サイズが小さければ低コスト化や景観に配慮した設置が可能となる。
- ・ このため、各距離に対する標定点のサイズは図 12 に示す結果となる。また、カメラからの距離が 250m 離れた場合でも視認性の確認が出来たため、大河川での利用も可能といえる（ただし、カメラの性能次第で流況が映らないため注意が必要）。

表 17 標定点ごとの視認性一覧

標定点のサイズ	CCTV カメラからの距離				
	50m	100m	150m	200m	250m
30×30cm	△	△	×	×	×
50×50cm	○	○	△	×	×
70×70cm	○	○	○	△	×
90×90cm	○	○	○	○	○

○：視認できる、△：視認できるが中心を判断できない、×：視認できない

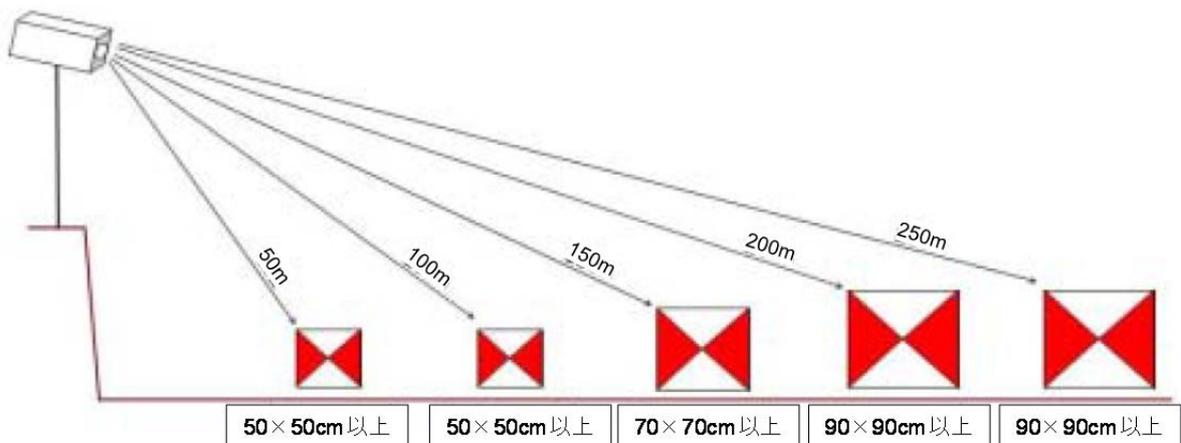


図 12 各距離における標定点のサイズ

4) 標定点の夜間発光物別の視認性実験

夜間の観測時に標定点とする夜間発光物の視認性を確認するために、栗野橋観測所にて実験を行った。表 13 に示すように、カメラから約 150m 離れた右岸堤防天端に夜間発光物（サイリウム 6 色、ハンドライト 2 種類、ランタン、表 18）を設置し、夜間の視認性の実験を行った。

3.1.5 標定点と CCTV カメラレンズ位置の三次元測量

<考え方>

標定点や CCTV カメラレンズ位置の三次元測量について、測量種別は TS 等現地測量、縮尺は地図情報レベル 2,500 とする。等級は 3 級を想定している。

測量座標は世界測地系に準拠する。

測量機器は (1 級、2 級、3 級) トータルステーション (TS) が挙げられる。

<解説>

画像処理型流速測定法を実施する場合、標定点と CCTV カメラレンズの三次元座標が必要となる。CCTV カメラの三次元座標測量位置は、高水流量観測用プリセット時の CCTV カメラのレンズ中央部である (写真 5)。

標定点座標の測量においては、トータルステーションなどを用いて測量することが多い。そこで、測量時に CCTV カメラのレンズ中央部の 3 次元座標を計測する。

なお、座標系は標定座標測量、横断測量に用いた座標系と同一座標系を用いる。



写真 5 CCTV カメラレンズの三次元測量位置

3.1.6 横断測量（出水前）の実施

<考え方>

流量観測においては、流速計測断面位置での河道横断測量データが必要となる。通常の浮子測法と同様、出水前後に河道の横断測量を実施し、断面積の大きいほうを流量算出に採用する。

横断測量をする対象断面は流量算出断面であり、STIV の場合は流量を算出する 1 断面、Float-PTV の場合は第 1 見通断面と第 2 見通断面の 2 断面を計測する。

横断測量（出水前）は、通常の浮子測法と同様の方法、精度とする。

<解説>

画像処理型流速測定法を用いた高水流量観測を実施する場合、通常の高水流量観測と同様、流量を算出する横断面の横断形状が必要になる。

画像処理型流速測定法のうち STIV を用いる場合、流量は検査線上の流速から流量を算出するため、検査線に直交した横断面を検査線上に設け、横断測量を実施する。画像処理型流速測定法のうち Float-PTV を用いる場合、流速計測範囲の上下流端断面である第 1 見通断面と第 2 見通断面をそれぞれ横断測量する。

基準断面・第 1 見通断面・第 2 見通断面のいずれかを用いる場合は、通常の流れ観測業務内で実施している観測値を用いればよい。一方、定期横断測量断面を使用する場合は、流量算出に適した測量実施日かを確認し、必要があれば測量を実施する。

3.1.7 水位観測の準備

<考え方>

画像処理型流速測定法により流速計測をする近傍で水位観測値がない場合、水位観測を実施する必要がある。水位は画像処理型流速測定法の幾何補正と流量算出のために必要である。

水位観測方法はカプセル型水位計等の簡易水位計により水位を観測するとし、10分間隔で水位記録が行われることが望ましい。観測位置は流量を算出する断面上であることが望ましい。簡易水位計を設置した場合は、零点高を計測するとともに保守点検を実施することが望ましい。併せて、簡易水位計と同一地点に水位標を設置することが望ましい。

<解説>

画像処理型流速測定法を実施する場合、水位高を考慮した幾何補正を行うため、流速計測範囲近傍の水位データが必要になる。併せて、流量を算出する際にも水位が必要となる。一方、流速計測範囲近傍に水位観測所がない場合は、画像処理型流速測定法の実施や流量算出のために、新たに、水位計を設置する必要がある。

このため、カプセル型水位計等の簡易水位計を設置することで水位を計測すればよい(写真 6) 水位の計測時間間隔は、水位観測所の水位計測と同様、10分間隔とすることが望ましい。

なお、既存の水位計が流速計測範囲内の流量算出断面に設置されていない場合(例えば、第1見通断面、第2見通断面、低水流量断面等)は、近傍の既存水位データ(例えば、基準断面水位)を活用できるか確認する。既存水位データの使用が困難な場合は、流量算出断面に簡易水位計などを設置することでより高精度な流量算出が可能である。

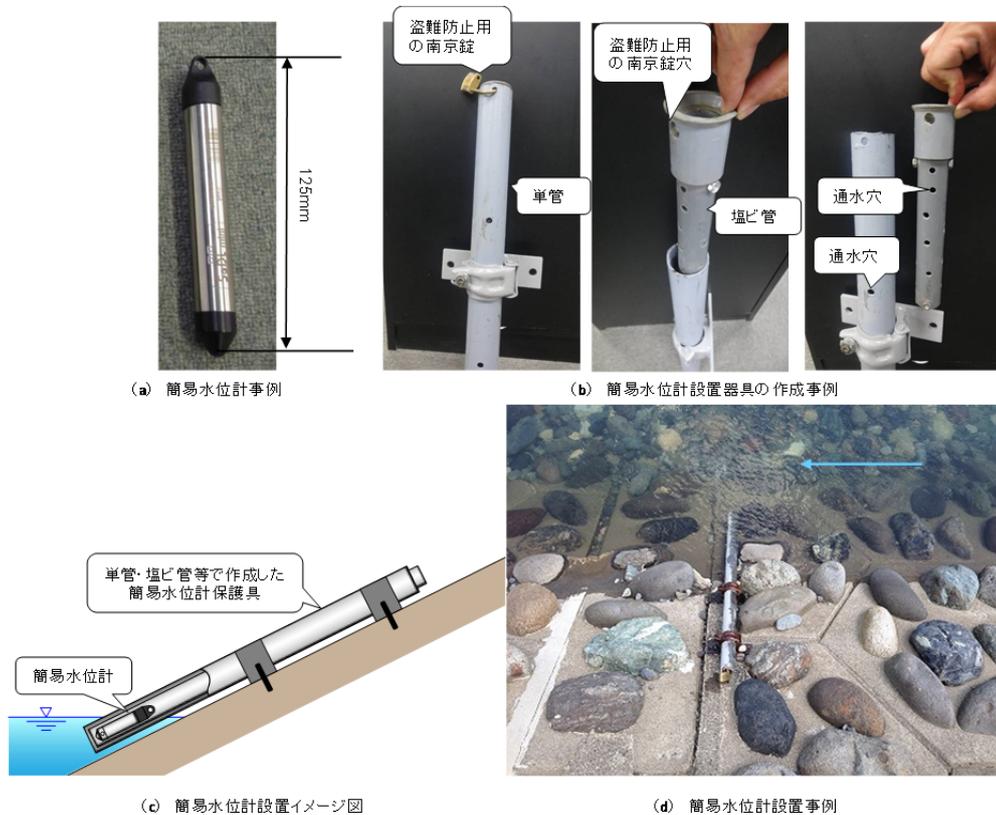


写真 6 簡易水位計とその設置事例

簡易水位計は基本的に絶対圧力（水圧と大気圧の合計値）あるいは水深を計測するため水位に換算するためには零点高が必要になるため、零点高を計測する。計測する頻度は、年に1回以上が望ましい。表 20 に簡易水位計の保守点検（案）を示す。

表 20 簡易水位計の保守点検実施（案）

点検項目 \ 月	04月	05月	06月	07月	08月	09月	10月	11月	12月	01月	02月	03月
点検日時の記入			○			○※2						
水位標の読み値確認・記入			○			○※2						
保護管等の確認※1			○			○※2						
水位計の取外し			○			○※2						
データ回収			○			○※2						
電池残量確認・電池交換			○			○※2						
水位計の再設置			○			○※2						
零点高計測			○									

○印：保守点検実施月

※1：ゴミ等による管の詰まり、簡易水位計の損傷等

※2：簡易水位計のデータロガーあるいは電池により出水期間中（6月1日～10月31日）の観測に支障がない場合は実施しなくてもよい。

簡易水位計の観測値が正しい値を観測しているのか保守点検するために、水位標を設置することが望ましい。水位標の設置箇所は、簡易水位計と同一地点（無理であれば可能な限り簡易水位計の近傍）であることが望ましい。簡易水位計と離れた地点あるいは同一断面内に設置したとしても簡易水位計と水位標に水位差が生じる可能性があり好ましくない。

3.1.8 風向・風速計測

<考え方>

画像処理型流速測定法として STIV を採用する場合、付帯設備として、風向風速計も設置しなければならない。

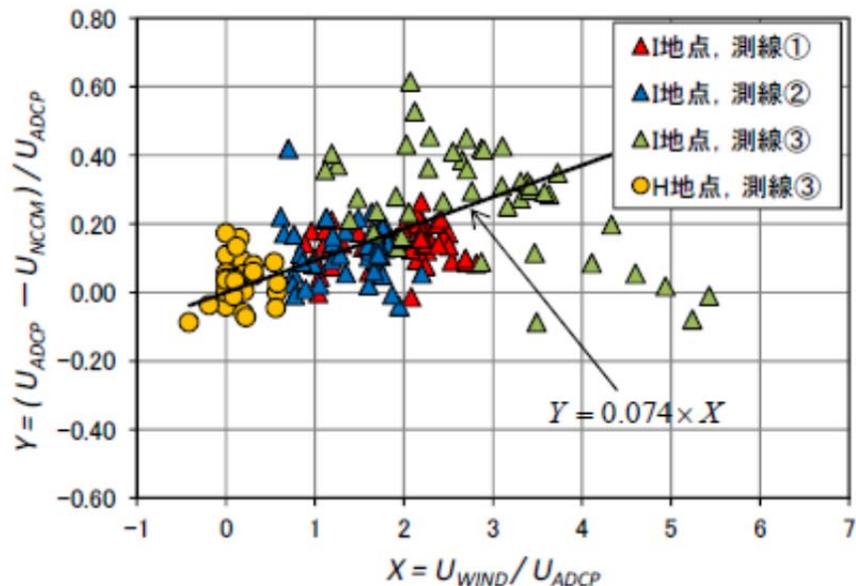
風向風速計の設置位置は河道内水面近傍が望ましい。風向風速観測は 1 分間隔で計測することが望ましい。

<解説>

電波流速計と同様、画像処理型流速測定法の STIV は非接触型の水表面流速計測であるため、風による吹送流の影響を受けるため、観測所の近傍に併せて設置する風向風速計のデータを用いて吹送流の影響を除去することを標準とする¹⁾。風向風速は観測所ごとに異なり観測所の場に依存するため、例えば気象庁などの観測値を代用することは望ましくない。

水表面流速に対する風の影響は、以下の<参考となる資料>の 2) を参照されたい (図 13)。

なお、水表面流速に対する風の影響は、研究中の課題であり、STIV で計測される水表面流速にどのように風が作用しているかは未だ解決できていない (平成 27 年 2 月現在)。このため、水表面流速計測に対する風の影響は、今後、知見が増え、STIV による水表面流速計測方法などが改良された場合は、その方法に基づいて修正していく。

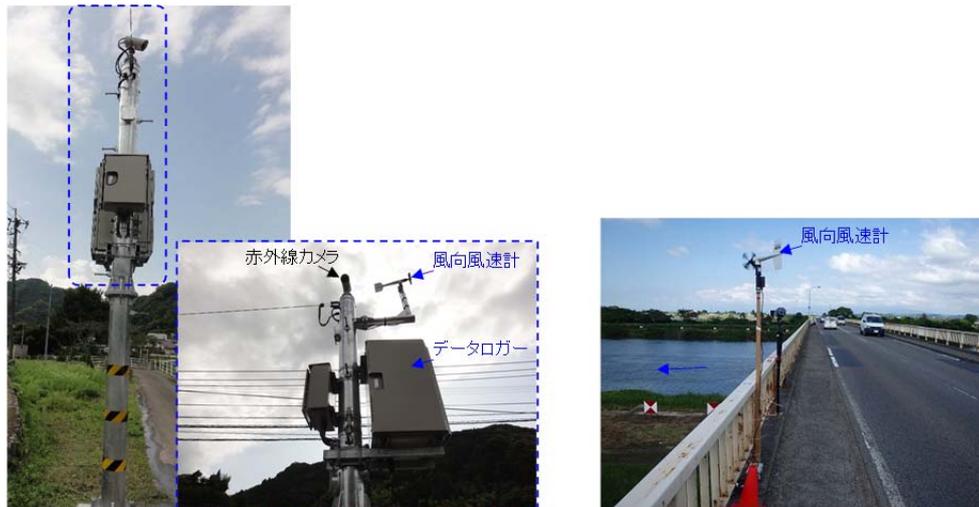


出典：流量観測の高度化マニュアル（高水流量観測編）Ver1.0、p.40²⁾

図 13 水表面流速観測値への風の影響

風速計の設置位置については河道内水面近傍が望ましいが、そのような地点では機器の設置が困難な場合が多いため、CCTVカメラの鉄塔などに添加して設置する（写真7の左写真）。

風向・風速の計測は、機器のデータ容量などにも依存するが、1分間隔で計測することが望ましく、洪水時の風向・風速データを保存できる機器（データロガー）を設置することが望ましい（例えば、写真7の右写真）。設置型の風向風速計（写真7の（a））を使用する場合、保守点検費用や保守点検員が新たに必要となる。このため、可搬式の風向風速計（写真7の（b））を用いることが望ましい。



(a) 山国川水系柿坂観測所

(b) 信濃川水系白井橋観測所

写真7 風向風速計の設置事例

<参考となる資料>

1. 河川砂防技術基準 調査編、p.第2章 第4節-24、平成26年4月.
2. 流量観測の高度化マニュアル（高水流量観測編）Ver1.0、独立行政法人土木研究所 水災害・リスクマネジメント国際センター、pp.38～41.

3.1.9 Float-PTV 時の浮子の視認性向上について

<考え方>

画像処理型流速測定法として Float-PTV を用いる場合には CCTV 画像上で浮子（桿浮子（棒浮子）又は表面浮子）を視認できるよう、昼間は赤旗を、夜間は発光体を付けるなど工夫された浮子を使用しなければならない。なお、赤旗や発光体を付けずに浮子を CCTV カメラ画像上で視認できる場合は、この限りではない。

<解説>

『河川砂防技術基準 調査編』には、「浮子測法に使用する浮子は、桿浮子（棒浮子）又は表面浮子とし、推進に応じた浮子を用いなければならない。なお、夜間も確実に浮子の位置を確認できるよう発光体を付けるなど工夫された浮子を用いるものとする」と記載されている。九州地方整備局管内での高水流量観測では、多くの観測所で夜間の発光体（サイリウム、ルミカライト、ケミカルライト）を用いているものの、昼間の赤旗はほとんど使用していない。

このため、CCTV カメラ画像を活用して Float-PTV を実施する際は、浮子を CCTV カメラ画像上で視認できるよう、昼間は赤旗（写真 8）、夜間は発光体（写真 9）を浮子に付けて投下することが望ましい。

赤旗については、通常市販されている大きさは縦×横が 10cm×15cm 程度のものである（写真 8 の左写真）。しかしながら、この大きさでは CCTV 画像上ではほとんど視認できないため、写真 8 の右写真のように特注サイズを用いる必要がある。浮子の視認性については、高水流量観測前に予め、確認することが望ましい。



出典：例えば、株式会社 オフサイト（URL：<http://www.offsite-web.com/>）

写真 8 市販されている赤旗事例（左写真：通常の赤旗、右写真：Float-PTV 使用事例）



出典：例えば、株式会社 オフサイト（URL：<http://www.offsite-web.com/>）

写真 9 市販されている発光体事例（左写真：発光体、右写真：赤旗・発光体装着事例）

<参考となる資料>

- 1) 河川砂防技術基準 調査編、p.第2章 第4節-18、平成26年4月.

3.2 出水中

<考え方>

出水中は、対象とする CCTV カメラに対し、以下の事項を確認する。

出水中は、CCTV カメラを空間監視や防災の目的で使用するため、CCTV カメラが高水流量観測用プリセット画角になっているか注意が必要である。

- ・ 高水流量観測用のプリセット画角になっているか確認
- ・ CCTV カメラ動画を録画しているか確認
- ・ 録画開始時刻と録画終了時刻（年月日、時刻は秒まで記載することが望ましい）の記録

<解説>

対象とする CCTV カメラについて、高水流量観測用のプリセット画角になっていることを確認し、CCTV カメラ画像を録画するとともに、撮影時刻、撮影時間を記録する。

なお、出水中には空間監視、防災の観点から高水流量観測用のプリセットが解除され画像処理型流速測定法のための画角と異なっている場合があり、注意が必要である。

高水流量観測用のプリセットで録画に必要な時間は表 5 に示すとおり短時間であるため、関係者の協力を得て定期的に録画を行うことが望ましい。

CCTV カメラ機器には下記の様な張り紙などを用いて、CCTV カメラの画角を修正した場合は、高水流量観測用のプリセット画角に戻すことを促すことも必要である（図 14）。

カメラ名■■■■の CCTV カメラは高水流量観測用に使用しています。
高水流量観測は●番のプリセット画角にて記録を行っているため、CCTV
カメラの画角を変更した方は、CCTV カメラの操作後、●番の高水流量観
測用プリセット画角へ戻す様をお願い致します。

カメラ名■■■■は●番プリセットに戻してください。

図 14 高水流量観測用プリセット画角への修正依頼事例

高水流量観測用のプリセットでの録画は洪水開始時から終了後まで一連で録画することが、水文観測担当者（あるいは CCTV カメラを操作する事務所職員）にとって最も間違いがなくかつ労力が少ない。しかしながら、上述のとおり、CCTV カメラは空間監視や防災の目的で使用しているため、常に高水流量観測用のプリセットになっている可能性は低い。

このため、図 15 に示すように、洪水開始から終了まで一連で録画できなくとも、断続的あるいはピーク水位時に 1 分程度、高水流量観測用のプリセットで録画できればよい。

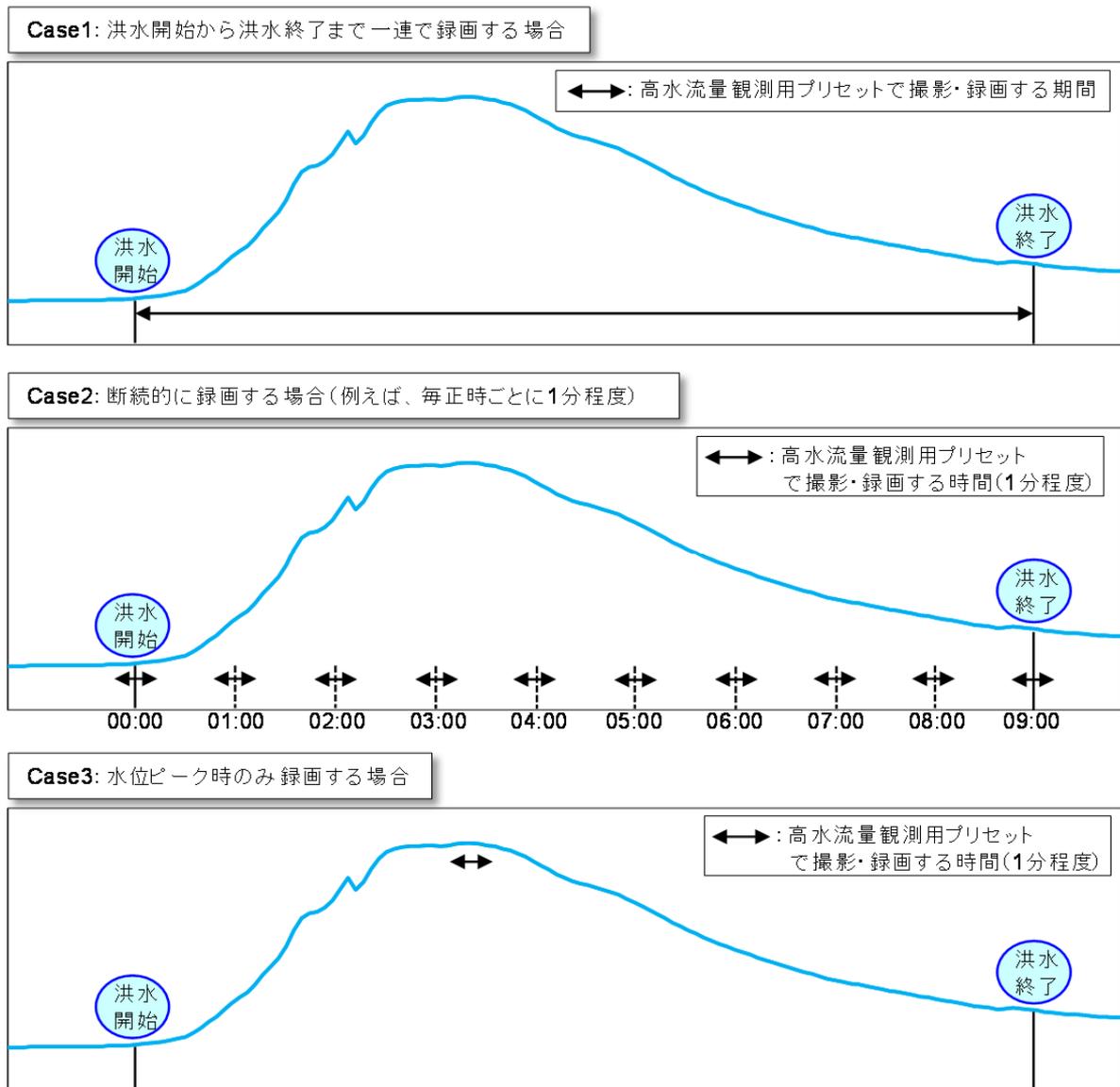


図 15 高水流量観測用のプリセット画角で撮影する事例

3.3 出水後

3.3.1 出水時の録画像の保存

<考え方>

CCTV カメラの動画保管については、下記の諸元が分かるように記録を行う。

- ・ CCTV カメラの観測所名
- ・ 洪水名
- ・ 記録開始時刻と記録時間（年月日、時刻は秒まで記載することが望ましい）

<解説>

洪水後、出水規模に応じて記録された CCTV カメラ動画を用いて画像処理型流速測定法により流量算出を行うかどうかの判断を行い、必要に応じて記録されている洪水時の対象 CCTV 画像について保存を行う。

保管時は、当初設定している高水流量観測用のプリセット画角で録画されたかを確認する。もし、高水流量観測用プリセット画角と異なる画角にて CCTV カメラ動画が録画されている場合は、対象 CCTV カメラの現在の撮影画角を確認し、記録された映像と同じ画角である場合は、その画角で異なるプリセット番号に登録を行い、その画角が再現できるように設定する。後日、標定点設置を行い異なって記録された CCTV カメラ画像用の標定点画像の撮影を行う。しかし、変更された画角内に既存に設置した標定点が映っている場合は、再度標定点の設置は不要であり、異なった画角にて画角内の標定点が映った標定用の画像を記録、保存することで、画像処理型流速測定法により流量算出は可能である。

3.3.2 横断測量（出水後）の実施

<考え方>

流量観測においては、流速計測断面位置での河道横断測量データが必要となる。通常の浮子測法と同様、出水前後に河道の横断測量を実施し、断面積の大きいほうを流量算出に採用する。

横断測量をする対象断面は流量算出断面であり、STIV の場合は流量を算出する 1 断面、Float-PTV の場合は第 1 見通断面と第 2 見通断面の 2 断面を計測する。

横断測量（出水後）は、通常の浮子測法と同様の方法、精度とする。

<解説>

画像処理型流速測定法を用いた高水流量観測を実施する場合、通常の高水流量観測と同様、流量を算出する横断面の横断形状が必要になる。

画像処理型流速測定法のうち STIV を用いる場合、流量は検査線上の流速から流量を算出するため、検査線に直交した横断面を検査線上に設け、横断測量を実施する。画像処理型流速測定法のうち Float-PTV を用いる場合、流速計測範囲の上下流端断面である第 1 見通断面と第 2 見通断面をそれぞれ横断測量する。

基準断面・第 1 見通断面・第 2 見通断面のいずれかを用いる場合は、通常の流れ観測業務内で実施している観測値を用いればよい。一方、定期横断測量断面を使用する場合は、流量算出に適した測量実施日時かを確認し、必要があれば測量を実施する。

3.3.3 水位データの回収保存

<考え方>

CCTV カメラを活用した画像処理型流速測定法により流量算出する場合は、出水後に水位データの回収・保存を行う。

【基準水位を用いる場合】

テレメータシステムや統一河川情報システムにて水位データが保管されている場合は、保管データからデータを検索・抽出する。

【新たに水位計（カプセル型などの簡易水位計）を設置】

簡易水位計を用いて水位を観測している場合は、水位計を回収し観測データを回収する。継続して水位を計測する必要がある場合は、水位計を再設置し水位を計測する。

<解説>

洪水後、出水規模に応じて記録された CCTV カメラ映像を用いて画像処理型流速測定法により流量算出を行う場合、対象期間内の流量算出断面での水位記録について回収を行い、保管を行う。

テレメータシステムや統一河川情報システムにて水位データが保管されている場合は、保管データからデータを検索・抽出する。

簡易水位計の観測データは、ロガーの保存期間やバッテリー容量に限界があるため、必要に応じて水位データの回収と再設置を行う。

3.3.4 観測成果の保存・保管

<考え方>

画像処理型流速測定法による高水流量観測をするために、表 21 に示す一連の資料を収集整理する。

これら全ての資料は、事務所の水文観測担当者が関係者から資料を収集し、保存・保管する。

表 21 画像処理型流速測定法で必要となる資料

No.	項目	資料	ファイル形式
1	洪水時の CCTV で撮影された動画	洪水時の CCTV カメラ動画	mp4、mts、m2ts、avi
2	標定点の三次元座標	幾何補正に用いる標定点の三次元座標。座標は横断測量などと同一座標系（世界測地系）	Excel、txt
3	CCTV カメラレンズの三次元座標	幾何補正に用いる CCTV カメラレンズ中心部の三次元座標。高水流量観測用プリセットになっているときの CCTV カメラレンズ位置を測量することを留意する。座標は横断測量などと同一座標系（世界測地系）	Excel、txt
4	標定点と CCTV カメラ位置をプロットした平面図	地図情報レベルが 2,500 の平面図を原則とする。	dwg、p21
5	流量算出横断面形状	流量算出をする断面形状	CAD（dwg、p21）、Excel、txt
6	流量算出断面水位	流量算出断面において洪水時の時系列水位データ横断座標に応じて機器設置高から水位に換算された水位	Excel、txt
7	全ての標定点が録画された動画	高水流量観測用にプリセットされた CCTV カメラで測量された標定点が記録された動画。全ての標定点が映っている動画が望ましい。	mp4、mts、m2ts、avi
8	洪水時の CCTV 画像の撮影時刻、撮影時間	高水流量観測用にプリセットされた洪水時の CCTV 動画の撮影時刻、撮影時間	特に指定なし
9	浮子投下時刻	浮子の横断投下位置毎の投下時刻であり、以下の場合に必要。 ・ Float-PTV による解析をする場合 ・ 浮子測法結果と STIV 結果を比較する場合	特に指定なし
10	風向・風速データ	CCTV カメラ近傍で計測された風向・風速データ	Excel、txt

<解説>

画像処理型流速測定法として STIV あるいは Float-PTV に係らず、原則、表 21 に示す資料を収集する。表 22 に具体的な成果事例を示す。

表 22 画像処理型流速測定法で使用する観測成果事例 (1/2)

No.	項目	資料成果事例																																																																																
1	洪水時の CCTV で撮影された動画	<p>筑後川水系巨瀬川中央橋(H26/07/03出水) 肝属川水系肝属川・王子橋(H26/06/27出水)</p>																																																																																
2	標定点の三次元座標	<table border="1"> <thead> <tr> <th>番号</th> <th>位置詳細</th> <th>X座標</th> <th>Y座標</th> <th>Z座標(標高)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>①</td><td>護岸のブロックの切れ目の延長上</td><td>49864.336</td><td>10832.049</td><td>114.331</td></tr> <tr><td>②</td><td>護岸のブロックの切れ目の延長上</td><td>49848.019</td><td>10843.161</td><td>114.262</td></tr> <tr><td>③</td><td>護岸のブロックの切れ目の延長上</td><td>49830.853</td><td>10853.846</td><td>114.152</td></tr> <tr><td>④</td><td>伝送ボックスの下流角</td><td>49817.517</td><td>10862.507</td><td>111.867</td></tr> <tr><td>⑤</td><td>水位計の支柱の天端(下流)</td><td>49817.476</td><td>10859.474</td><td>114.477</td></tr> <tr><td>⑥</td><td>低い水位計の支柱の天端</td><td>49815.076</td><td>10860.562</td><td>111.491</td></tr> <tr><td>⑦</td><td>後方の落石フェンスの左から3本目の視線上の護岸天端</td><td>49805.332</td><td>10868.511</td><td>114.037</td></tr> <tr><td>⑧</td><td>コンクリートの内側の角</td><td>49837.804</td><td>10768.411</td><td>111.723</td></tr> <tr><td>⑨</td><td>コンクリートの外側の角</td><td>49833.016</td><td>10770.662</td><td>112.602</td></tr> <tr><td>⑩</td><td>コンクリートの変化点の内側</td><td>49833.973</td><td>10761.803</td><td>113.006</td></tr> <tr><td>⑪</td><td>コンクリートの角の内側</td><td>49830.837</td><td>10765.872</td><td>112.590</td></tr> <tr><td>⑫</td><td>石の天頂部の角</td><td>49819.922</td><td>10809.474</td><td>108.459</td></tr> <tr><td>⑬</td><td>第2見通し線上の位置(右岸)</td><td>49860.013</td><td>10835.103</td><td>114.288</td></tr> <tr><td>⑭</td><td>第3見通し線上の位置(左岸)</td><td>49824.225</td><td>10774.649</td><td>112.578</td></tr> <tr><td>⑮</td><td>遠赤外線カメラ</td><td>49830.361</td><td>10746.150</td><td>120.316</td></tr> </tbody> </table>	番号	位置詳細	X座標	Y座標	Z座標(標高)	①	護岸のブロックの切れ目の延長上	49864.336	10832.049	114.331	②	護岸のブロックの切れ目の延長上	49848.019	10843.161	114.262	③	護岸のブロックの切れ目の延長上	49830.853	10853.846	114.152	④	伝送ボックスの下流角	49817.517	10862.507	111.867	⑤	水位計の支柱の天端(下流)	49817.476	10859.474	114.477	⑥	低い水位計の支柱の天端	49815.076	10860.562	111.491	⑦	後方の落石フェンスの左から3本目の視線上の護岸天端	49805.332	10868.511	114.037	⑧	コンクリートの内側の角	49837.804	10768.411	111.723	⑨	コンクリートの外側の角	49833.016	10770.662	112.602	⑩	コンクリートの変化点の内側	49833.973	10761.803	113.006	⑪	コンクリートの角の内側	49830.837	10765.872	112.590	⑫	石の天頂部の角	49819.922	10809.474	108.459	⑬	第2見通し線上の位置(右岸)	49860.013	10835.103	114.288	⑭	第3見通し線上の位置(左岸)	49824.225	10774.649	112.578	⑮	遠赤外線カメラ	49830.361	10746.150	120.316
番号	位置詳細	X座標	Y座標	Z座標(標高)																																																																														
①	護岸のブロックの切れ目の延長上	49864.336	10832.049	114.331																																																																														
②	護岸のブロックの切れ目の延長上	49848.019	10843.161	114.262																																																																														
③	護岸のブロックの切れ目の延長上	49830.853	10853.846	114.152																																																																														
④	伝送ボックスの下流角	49817.517	10862.507	111.867																																																																														
⑤	水位計の支柱の天端(下流)	49817.476	10859.474	114.477																																																																														
⑥	低い水位計の支柱の天端	49815.076	10860.562	111.491																																																																														
⑦	後方の落石フェンスの左から3本目の視線上の護岸天端	49805.332	10868.511	114.037																																																																														
⑧	コンクリートの内側の角	49837.804	10768.411	111.723																																																																														
⑨	コンクリートの外側の角	49833.016	10770.662	112.602																																																																														
⑩	コンクリートの変化点の内側	49833.973	10761.803	113.006																																																																														
⑪	コンクリートの角の内側	49830.837	10765.872	112.590																																																																														
⑫	石の天頂部の角	49819.922	10809.474	108.459																																																																														
⑬	第2見通し線上の位置(右岸)	49860.013	10835.103	114.288																																																																														
⑭	第3見通し線上の位置(左岸)	49824.225	10774.649	112.578																																																																														
⑮	遠赤外線カメラ	49830.361	10746.150	120.316																																																																														
3	CCTV カメラレンズの三次元座標	<table border="1"> <thead> <tr> <th>番号</th> <th>位置詳細</th> <th>X座標</th> <th>Y座標</th> <th>Z座標(標高)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>①</td><td>護岸のブロックの切れ目の延長上</td><td>49864.336</td><td>10832.049</td><td>114.331</td></tr> <tr><td>②</td><td>護岸のブロックの切れ目の延長上</td><td>49848.019</td><td>10843.161</td><td>114.262</td></tr> <tr><td>③</td><td>護岸のブロックの切れ目の延長上</td><td>49830.853</td><td>10853.846</td><td>114.152</td></tr> <tr><td>④</td><td>伝送ボックスの下流角</td><td>49817.517</td><td>10862.507</td><td>111.867</td></tr> <tr><td>⑤</td><td>水位計の支柱の天端(下流)</td><td>49817.476</td><td>10859.474</td><td>114.477</td></tr> <tr><td>⑥</td><td>低い水位計の支柱の天端</td><td>49815.076</td><td>10860.562</td><td>111.491</td></tr> <tr><td>⑦</td><td>後方の落石フェンスの左から3本目の視線上の護岸天端</td><td>49805.332</td><td>10868.511</td><td>114.037</td></tr> <tr><td>⑧</td><td>コンクリートの内側の角</td><td>49837.804</td><td>10768.411</td><td>111.723</td></tr> <tr><td>⑨</td><td>コンクリートの外側の角</td><td>49833.016</td><td>10770.662</td><td>112.602</td></tr> <tr><td>⑩</td><td>コンクリートの変化点の内側</td><td>49833.973</td><td>10761.803</td><td>113.006</td></tr> <tr><td>⑪</td><td>コンクリートの角の内側</td><td>49830.837</td><td>10765.872</td><td>112.590</td></tr> <tr><td>⑫</td><td>石の天頂部の角</td><td>49819.922</td><td>10809.474</td><td>108.459</td></tr> <tr><td>⑬</td><td>第2見通し線上の位置(右岸)</td><td>49860.013</td><td>10835.103</td><td>114.288</td></tr> <tr><td>⑭</td><td>第3見通し線上の位置(左岸)</td><td>49824.225</td><td>10774.649</td><td>112.578</td></tr> <tr><td>⑮</td><td>遠赤外線カメラ</td><td>49830.361</td><td>10746.150</td><td>120.316</td></tr> </tbody> </table>	番号	位置詳細	X座標	Y座標	Z座標(標高)	①	護岸のブロックの切れ目の延長上	49864.336	10832.049	114.331	②	護岸のブロックの切れ目の延長上	49848.019	10843.161	114.262	③	護岸のブロックの切れ目の延長上	49830.853	10853.846	114.152	④	伝送ボックスの下流角	49817.517	10862.507	111.867	⑤	水位計の支柱の天端(下流)	49817.476	10859.474	114.477	⑥	低い水位計の支柱の天端	49815.076	10860.562	111.491	⑦	後方の落石フェンスの左から3本目の視線上の護岸天端	49805.332	10868.511	114.037	⑧	コンクリートの内側の角	49837.804	10768.411	111.723	⑨	コンクリートの外側の角	49833.016	10770.662	112.602	⑩	コンクリートの変化点の内側	49833.973	10761.803	113.006	⑪	コンクリートの角の内側	49830.837	10765.872	112.590	⑫	石の天頂部の角	49819.922	10809.474	108.459	⑬	第2見通し線上の位置(右岸)	49860.013	10835.103	114.288	⑭	第3見通し線上の位置(左岸)	49824.225	10774.649	112.578	⑮	遠赤外線カメラ	49830.361	10746.150	120.316
番号	位置詳細	X座標	Y座標	Z座標(標高)																																																																														
①	護岸のブロックの切れ目の延長上	49864.336	10832.049	114.331																																																																														
②	護岸のブロックの切れ目の延長上	49848.019	10843.161	114.262																																																																														
③	護岸のブロックの切れ目の延長上	49830.853	10853.846	114.152																																																																														
④	伝送ボックスの下流角	49817.517	10862.507	111.867																																																																														
⑤	水位計の支柱の天端(下流)	49817.476	10859.474	114.477																																																																														
⑥	低い水位計の支柱の天端	49815.076	10860.562	111.491																																																																														
⑦	後方の落石フェンスの左から3本目の視線上の護岸天端	49805.332	10868.511	114.037																																																																														
⑧	コンクリートの内側の角	49837.804	10768.411	111.723																																																																														
⑨	コンクリートの外側の角	49833.016	10770.662	112.602																																																																														
⑩	コンクリートの変化点の内側	49833.973	10761.803	113.006																																																																														
⑪	コンクリートの角の内側	49830.837	10765.872	112.590																																																																														
⑫	石の天頂部の角	49819.922	10809.474	108.459																																																																														
⑬	第2見通し線上の位置(右岸)	49860.013	10835.103	114.288																																																																														
⑭	第3見通し線上の位置(左岸)	49824.225	10774.649	112.578																																																																														
⑮	遠赤外線カメラ	49830.361	10746.150	120.316																																																																														
4	標定点と CCTV カメラ位置をプロットした平面図	<p>1:1,000</p>																																																																																

表 22 画像処理型流速測定法で使用する観測成果事例 (2/2)

No.	項目	資料成果事例
7	全ての標定点が録画された動画	<div data-bbox="587 443 1332 996"> <p>肝属川水系肝属川2.0K4.50左岸</p> <p>鹿児島県鹿屋市王子橋水位</p> <p>▲: 流速計測範囲 ○: 標定点位置(既設構造物を標定点として利用できるもの)</p> </div> <p>(a) 既設構造物等を活用した事例 (○印が活用した標定点) (肝属川水系肝属川・王子橋)</p> <div data-bbox="587 1104 1380 1630"> <p>(b) 新たに標定点を設置した場合の事例 (□印で囲った標定点) (大淀川水系大淀川・岳下)</p> </div>

観測成果の保存・保管の具体的な保存フォルダ構成を図 16 及び表 23 示す。

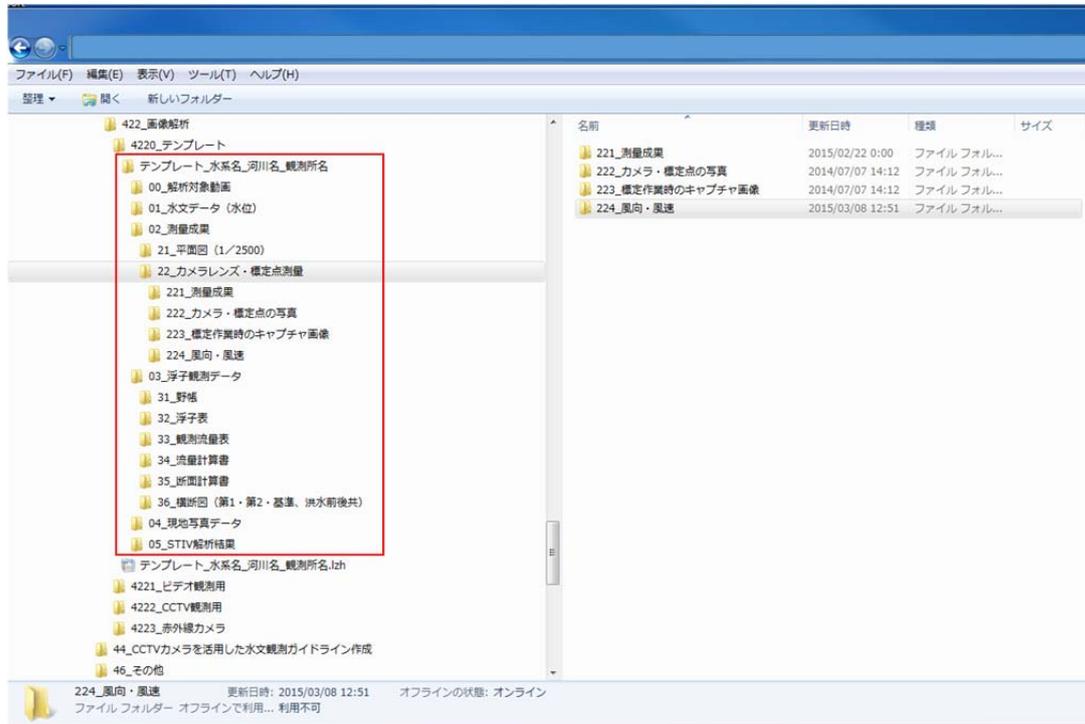


図 16 観測成果と解析結果の保存・保管のフォルダ構成事例

表 23 保存・保管のフォルダ構成と保存ファイル内容一覧

大項目	中項目	小項目	具体的なファイル内容・使用用途	表 21 との対応 (対応 No.)
00_解析対象動画			撮影動画	1、7、8
01_水文データ (水位)			水位ハイドロデータ	6
02_観測成果	21_平面図 (1/2500)		1/2,500 が望ましい	4
	22_カメラレンズ・標定点測量	221_測量成果	CCTV と標定点の三次元測量結果	2、3
		222_カメラ・標定点の写真	CCTV カメラと標定点の設置写真	
		223_標定点作業時のキャプチャ画像	既設構造物を用いない場合は必須	
		224_風向・風速	風向・風速データ	
03_浮子観測データ	31_野帳		浮子と比較する際に必要	
	32_浮子表		浮子と比較する際に必要	
	33_観測流量表		浮子と比較する際に必要	
	34_流量計算書		浮子と比較する際に必要	6、9
	35_断面計算書		浮子と比較する際に必要	
	36_横断図 (第 1・第 2・基準、洪水前後)		流量算出時に必要	5
04_現地写真データ			現地状況把握のため	

05_STIV 解析結果		STIV（あるいは Float-PTV）解析結果を一 式保存	
--------------	--	-----------------------------------	--

4. 用語集

(1) フェールソフト (fail soft)

フェールソフトとは、システムの一部に障害が発生した際に、故障した個所を破棄、切り離すなどして障害の影響が他所に及ぼされるのを防ぎ、最低限のシステムの稼動を続けるための技術である。1 つ目の例として、飛行機のエンジンが挙げられる。飛行機の場合、故障したエンジンを切り捨て（燃料等の供給を行わないようにする）、故障していないエンジンだけで飛行できるような設計をとる必要がある。2 つ目の例として、ハードディスクを複数個備え、内容を常にミラーリングしている RAID システムや、電源やネットワークカードのコントローラを複数個備えているリダンダント電源やリダンダントネットワークカードなどでは、運用中に一ヶ所に障害が生じて、残された系統で運用を続けることができ、直ちにシステムが停止しないようになっている。

類似用語に、フェールセーフ (fail safe)、フォールトトレランス (fault tolerant) などがある。

表 24 フェールソフトの類似用語一覧

用語	意味	例
フォールトトレランス (Fault tolerant)	障害が発生しても機能を継続させる設計手法。広義の意味で「対障害性」と使用される場合もあるが、「フェールソフト」と比較して「障害発生時に機能を縮小せずに継続する」対障害性を意味する場合もある。	<ul style="list-style-type: none"> ・電源の二重化 ・ハードディスクの RAID
フェールソフト (Fail Soft)	<ul style="list-style-type: none"> ・障害発生時に機能を縮小してでも継続 ・稼動継続を優先 	エンジン式の飛行機。エンジンが一機停止しても、稼動を継続する必要がある。
フェールセーフ (Fail Safe)	<ul style="list-style-type: none"> ・障害発生時にシステムを安全な状態に移行 ・安全を優先 	鉄道列車における緊急時の急ブレーキ。列車の運用より乗客の安全を優先する。
フールプルーフ (Fool proof)	ユーザが誤った操作を行っても安全に稼動させる設計。	OS における電源ボタン。電源ボタンを押した場合、コンピュータがいきなり電源オフされるのではなく、OS のシャットダウン処理が実行されてから電源がオフされる。
フォールトアボイダンス (Fault avoidance)	事前対策により障害を回避する	<ul style="list-style-type: none"> ・高品質の部品を採用 ・十分なテスト ・品質管理の徹底 ・教育
フォールトマスキング (Fault masking)	障害時に障害の影響を他に与えないこと。	<ul style="list-style-type: none"> ・機器を完全に冗長化し、障害時でも他の冗長化された機器には影響を与えず動作を継続すること。

出典：フォールトトレランス、フェールソフト、フェールセーフの違い
(URL : <http://tooljp.com/jyosho/docs/faulttolerance/faulttolerance.html>)

(2) 浮子測法

浮子測法は、浮子を投下して、ある区間を流下する時間を計測し、その区間の平均流速を求める方法である。急峻な日本の河川は、洪水時の流速が速く、ゴミや流木等の流下物も多い。浮子測法は、このような洪水時の厳しい条件下においても河川の流速を確実に計測することができるという特長がある。

本項では浮子測法の標準的な手法を示すが、洪水時の水理条件の変動が特に大きい地点や橋脚やその周辺の構造物等の影響による流れの乱れ（橋脚後流）の影響が無視できないと想定される場合は、浮子の流下状態に注意し、適切な観測値が得られるように実施する必要がある。

出典：河川砂防技術基準 調査編、pp.第2章第4節-16～第2章第4節-17、平成26年4月。

(3) 浮子

浮子とは、高水流量観測の浮子観測において、流速を計測するため、橋梁などから河川に投下する棒状のものである。一般に、本体は紙製で筒状になっており、底部に吃水（きっすい）深を調整するためのおもりがついている。計測時の水深に応じて、表面、30cm、50cm、1m、2m、4mの吃水長の浮子を使い分ける。

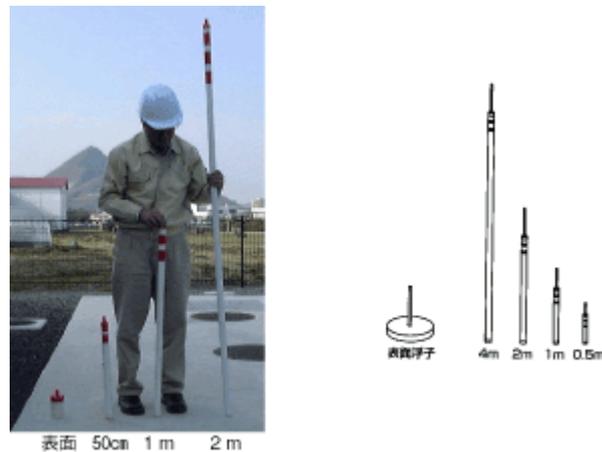


図 17 浮子の種類

出典：四国水文観測検討会 水文観測、URL : <http://www.skr.mlit.go.jp/kasen/mizu/yougo-mokuji.htm>

(4) 主要な流量観測手法

国内外で提案されている流量観測手法の主な例を表 25 に例示する。

ここで固定式観測法とは、一定地点に無人・自動での連続観測が可能なセンサを流量観測地点のしかるべき場所に固定設置して観測する設置型の観測手法を指す。一方、非固定式観測法とは、観測作業を実施する日時に、個別に流量観測地点にて可搬型のセンサ等を活用して随時に観測する手法を指している。我が国における流量観測法は、後者の非固定式観測法に分類される。したがって、非固定式流量観測法を用いる場合は、得られる流量観測データは、その観測作業を現地において実施した日時の値のみである。

表 25 主要な流量観測手法の種類

分類		名称	直接の測定対象	説明	
流速断面積法	トレーサーによる流速計測法	浮子測法	吃水部平均流速	直線上に一定の区間を定め、浮子はその区間の上流から流し、その下流までの距離を流下時間で除して流速を求める方法である。	
		色素投入法・希釈法等	ある代表的な流速	水深が浅く表面浮子が使用できない場合等に、フルオロセレン等の色素や化学物質を投入して代表的な流速を測定する方法である。	
		可搬式流速計	回転式流速計測法	横断面内点流速分布	回転する測定部を流水中に水没させ、その回転数から流速を測定する方法である。水車やプロペラを回転部に持つ横軸型（広井式流速計等）と円すい型のカップを回転部に持つ縦軸型（プライス流速計）に分類される。
	船搭載		可搬式電磁流速計測法		水中に電磁式の測定部を持つ流速計で、人工的に発生させた磁界の中を水が動くときに生じる起電圧から流速を測定する。
	流水にセンサを接触させる流速計測法	水中固定	超音波流速計測法（パルス伝播時間差法）	代表深さにおける平均流速	超音波の伝播速度が流れの方向では増加し、流れと逆方向には減少することを利用して、その差を測定して流速を求めるものである。送受信装置を測定箇所の上流に設置し、水中に送波して測定する。
			H-ADCP 法		ADCP を水平方向に設置し、横断方向の流速分布を超音波の反射波におけるドップラー効果から測定する。中小河川であれば、片岸のセンサだけで測定システムを構成することが可能。
		開水路電磁流量計測法	断面平均流速	両岸に設置した電極間に生じる起電力が断面平均流速に比例する原理により流量を算出するシステムである。	
	非接触型流速計測法	ドップラー型（電波式、超音波式）	表面流速	流れの表面に橋桁等に設置したセンサから電波もしくは超音波をある俯角をもって水面に向けて発射し、その反射波の周波数変化から表面流速を測定するシステムである。現状では、流速が約 0.5m/s 以上の流量観測のみに利用可能。	
		画像処理型（PIV 法等）		洪水時に流下する流木やゴミあるいは波紋を河岸に設置したビデオカメラにより撮影し、画像解析から表面流速を測定するものである。局所的な流況分析に優れるが、天候・日照変化等の影響を受けやすい。	
	水理構造物法	堰測法等	水深	三角堰や台形堰を自由越流する際の越流水深を測定し、実験等により求められた流量公式により流量換算する方法である。	

水面勾配断面積法	非 固 定 式 観 測 法	勾配断面積法	水面勾配等	河川断面の粗度を仮定し、洪水痕跡等から推定される水位、水面勾配から流量を算出する方法である。
----------	---------------------------------	--------	-------	--

- ※ 非接触型流速計測法は、センサを橋桁等に固定設置することで固定式流量観測法として利用するのが一般的であるが、可搬型の非接触型センサ（小型電波流速計やビデオカメラ）を橋上等に仮設置して用いる場合は、非固定式流量観測法として利用することも可能である。
- ※ 表 25 に記載していない水位流量曲線法は、様々な水位における上記の手法による流量観測値を収集することで、流量の連続評価を行うための関係式を作成するものであり、上記に挙げた流量観測法（特に非固定式観測法）に依存して成立する方法である。このことから、流量観測法としては挙げていない。
- ※ 「水面勾配断面積法」は、間接計測法のうちの最も単純な手法の 1 つとして例示している。本章 第 1 節 総説で説明したカテゴリ 3.1 の観測の中で、対象河川区間の水理費システムの把握と併せ流量についてより多くの情報を得ることも行われる。これについては、本章 第 7 節 河川の流れの総合的把握によるものとする。
- ※ 各点の流速計測値に代表させる区分断面ごとの区分流量を単純にそのまま足し合わせるのではなく、それらの計測値群が満足すべき水理学的条件を同時に考慮して流量を算出する方法も近年提案されている。
- ※ 表面流速を測定対象とする手法として、洪水時航空測量により、計測原理としてカメロン効果を用いるなどしてスナップショット的に表面流速を計測する技術がある。洪水流の特性を面的に広域に把握する上で有用である。

出典：河川砂防技術基準 調査編、pp.第 2 章第 4 節-2～第 2 章第 4 節-4、平成 26 年 4 月（一部修正）。

(5) CCTV カメラ

CCTV（Closed Circuit Television）とは、不特定多数を対象にしたオープンな TV 放送に対して、限られた対象で送受される業務用 TV システムのことである。CCTV は、ダムや河川管理の補助として、日常の河川空間の状況、または洪水時の流況を把握するため、各ダムや河川に設置し、工事事務所等や整備局で監視、操作ができるように光ファイバーなどを用いた有線カメラである。

出典：四国水文観測検討会 水文観測、URL：<http://www.skr.mlit.go.jp/kasen/mizu/yougo-mokuji.htm>

(6) HD（High Definition）

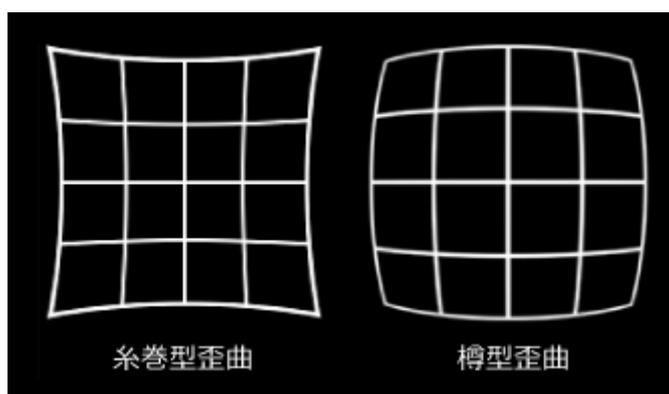
ハイビジョンテレビなどにおける高解像度（高精細・高画質）のこと。High Definition（ハイディフニッション）の略。

(7) 歪曲収差（ディストーション）

歪曲収差（ディストーション）は、レンズを通して映される映像が歪んだ状態を意味します。実際には完璧な形状のレンズというものはありません。

そのため、理論的にはレンズを通過した直線光は直線のまま進むはずですが、レンズを通過した光は外側もしくは内側に歪みます。前者は「樽形歪み」といい、後者は「糸巻き型歪み」といいます。

歪曲収差は、広角レンズでは樽形歪みとして現れ、ズームレンズでは糸巻き型歪みとして現れます。歪曲収差を補正するには、非球面レンズを用います。



出典：KEYENCE Japan HP（URL：<http://www.keyence.co.jp/gazo/solution/lens/trivia/features02.jsp>）

(8) ホワイトバランス（White Balance、Color Balance）

ホワイトバランスとは、被写体に当たる光の種類に応じて変わる色味を調整して、白いものを白に近い色に仕上げる機能である。被写体には太陽光や電球の光、蛍光灯の光などさまざまな種類の光が当たる。肉眼ではどの光も同じように無色透明に感じるが、実は光の種類によって色が着く。

カメラの撮像素子はこの光の色の違いをそのまま出力するため、このままでは光の種類によって写真全体に色が着いてしまう。この余計な色（色かぶり）を取り除くように自動調整してくれるのが、ホワイトバランスの中のオートである。

たとえば、電球の光の下では被写体が赤っぽく写るので、カメラは写真を青っぽくする方向へ調整する。通常は、ホワイトバランスをオートにしておけば、光の種類を気にしなくてもきれいな写真に仕上がる。

ホワイトバランスは光源の種類を固定することもできる。撮影した画像の色みが思い通りにならないときは、天候や光源に合わせてホワイトバランスを変えることが可能である。電球、晴天などオート以外の設定にすることで、意図的に赤味を増したり、青味を増したりするなど、撮影者のイメージにあった色味の写真にすることもできる。



(a) オートに設定 (b) 晴天に設定 (赤みが増す) (c) 電球に設定 (青みが増す)

写真 10 ホワイトバランス設定の違いによる撮影画像の色味の違い

出典：株式会社 Nikon ホームページ (URL : <http://www.nikon-image.com/enjoy/phototech/manual/17/>)

(9) ハレーション (halation)

写真やビデオカメラ動画・CCTV カメラ動画像上で、特に強い光の当たった部分の周りが白くぼやける現象 (写真 11)。ハレーションが発生した場合、水面の波紋がほとんど視認できず、かつ、浮子の視認も困難になるため STIV や Float-PTV による流速計測ができなくなる。



写真 11 ハレーションが発生した CCTV カメラ画像の事例

(10) フレームレート

フレームレートは、動画において、単位時間あたりに処理させるフレーム数 (静止画像数、コマ数) である。通常、1 秒あたりの数値で表し、単位は (fps) あるいは (f/s) で表す。

(11) オイラー的方法

流体粒子は空間を自由に移動するが、この方法は、空間の各点各瞬間の流体の状態量（流速・圧力・密度）を固定座標系の位置と時間 (x,y,z,t) の関数として記述するものである。各点に存在する流体粒子は各瞬間にそこを通過する別の流体粒子である。流体力学の問題はほとんどこの方法により解かれてきた。

出典：流体力学、日野幹雄、p.28、1992.

(12) ラグランジュ的方法

これに対し、一つの方法は、ある流体粒子の時々刻々の位置を追跡し、これをその粒子の最初の位置と時間の関数として記述しようとする立場である。流体粒子の追跡は特別なトレーサでも利用しなければならないし、方程式が形式的に複雑なため、現在ではこの方法は、流体の静止状態からの運動などきわめて限られた範囲の問題についてのみ用いられる。

出典：流体力学、日野幹雄、pp.28～29、1992.