非接触型流速計測法の手引き
（案）

令和５年３月

国土交通省　水管理・国土保全局
河川計画課　河川情報企画室

非接触型流速計測法の手引き（案）

＜ 目 次 ＞

計画

1. はじめに 1-1

2. 非接触型流速計測法による流量観測 2-1

2.1 非接触型流速計測法の活用に係る背景 2-1

2.2 高水流量「観測」 2-5
2.2.1 流速観測手法の概要 2-5
2.2.2 非接触型流速計測法 2-7

2.3 高水流速（流量）観測手法の選定 2-12
2.3.1 流速観測手法の選定 2-12
2.3.2 浮子測法における課題と適切な対応策 2-19

2.4 高水流量「算出」 2-23
2.4.1 流量とは 2-23
2.4.2 区分求積法 2-25
2.4.3 数値解析手法による流速補間による流量算出 2-26
2.4.4 断面内の流速分布の推定による流量算出 2-27

観測技術

3. 電波流速計法 3-1

3.1 計測原理 3-1

3.2 電波流速計機器 3-4

3.3 観測位置の選定 3-6

3.4 観測方法 3-17
3.4.1 観測条件 3-17
3.4.2 班の編成 3-24
3.4.3 器材の準備 3-26
3.4.4 固定式電波流速計 3-28
3.4.5 可搬式電波流速計 3-29

3.5 流速算出 3-31

3.6 横断面測定 3-34
3.6.1 横断測量の時期 3-34
3.6.2 横断測量の実施方法 3-35

3.7 水位観測 3-36

4. 画像処理型流速測定法 4-1

4.1 計測原理 4-1
4.1.1 画像解析手法（STIV） 4-3

4.2 観測機器 4-4
4.2.1 高感度カメラ 4-5
4.2.2 CCTV カメラ 4-5
4.2.3 遠赤外線カメラ 4-7

4.3 観測位置の選定 4-11
4.3.1 高感度カメラ 4-13
4.3.2 CCTV カメラ 4-15
4.3.3 遠赤外線カメラ 4-17

4.4 観測準備 4-22
4.4.1 画角設定 4-22
4.4.2 標定点の設置 4-36

4.5 観測方法 4-42
4.5.1 高感度カメラ 4-42
4.5.2 CCTV カメラ 4-44
4.5.3 遠赤外線カメラ 4-47

4.6 幾何補正 4-49
4.6.1 幾何補正精度 4-50

4.7 流速算出 4-53
4.7.1 画像解析手法（STIV） 4-53

4.8 横断面測定 4-57
4.8.1 横断測量の時期 4-57
4.8.2 横断測量の実施方法 4-57

4.9 水位観測 4-58

5. 風の観測 5-1

5.1 風の水表面への影響 5-1

5.2 風向風速計の仕様 5-3

5.3 風向風速観測の位置 5-5

5.4 風の観測方法 5-9

流速・流量算出

6. 流速補正 6-1

6.1 風補正 6-1

6.1.1 風補正について 6-1

6.1.2 風補正のための補正係数 α の算出方法 6-3

7. 流量算出 7-1

7.1 区分求積法 7-2

7.1.1 表面流速係数 7-3

7.1.2 区分求積法による流量算出 7-4

7.2 数値解析手法 7-6

7.2.1 力学的内外挿法 7-6

7.2.2 力学的内外挿法の応用 7-8

7.2.3 最大エントロピー法による流量算出 7-9

データのチェック

8. 観測データのチェック方法 8-1

8.1 電波流速計データのチェック 8-1

8.1.1 電波流速計データのチェックの共通事項 8-1

8.1.2 固定式電波流速計 8-6

8.1.3 可搬式電波流速計 8-7

8.2 画像処理型流速計測データのチェック 8-8

8.2.1 画像処理型流速計測データのチェックの共通事項 8-8

8.2.2 STIV 8-13

8.3 流量記録のチェック 8-16

8.3.1 区分求積法 8-16
8.3.2 数値解析手法 8-16

記録保管

9. 観測データの記録 9-1

9.1 電波流速計の記録 9-1
9.1.1 固定式電波流速計 9-1
9.1.2 可搬式電波流速計の記録 9-3

9.2 画像処理型流速測定法の記録 9-4
9.2.1 STIV 9-4

9.3 風向風速の記録 9-8

10. 観測データの保管 10-1

10.1 電波流速計のデータ保管 10-1
10.1.1 固定式電波流速計 10-1
10.1.2 可搬式電波流速計 10-2

10.2 画像処理型流速測定法のデータ保管 10-3

保守

11. 保守点検 11-1

11.1 出荷時の精度管理 11-1
11.1.1 固定式電波流速計 11-1
11.1.2 可搬式電波流速計 11-2
11.1.3 高感度カメラ 11-3
11.1.4 CCTV カメラ 11-3
11.1.5 遠赤外線カメラ 11-3

11.2 出荷後の精度管理 11-4
11.2.1 固定式電波流速計 11-5
11.2.2 可搬式電波流速計 11-7
11.2.3 高感度カメラ 11-9
11.2.4 CCTV カメラ 11-10
11.2.5 遠赤外線カメラ 11-11

12. 観測環境の維持管理..... 12-1

13. 記録様式集..... 13-1

13.1 電波流速計（固定式） 13-2

13.2 電波流速計（可搬式） 13-8

13.3 画像処理型流速測定法（STIV） 13-18

13.4 風向風速計 13-28

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、水防災計画などの基礎データとして重要なデータであり、これまで流量観測地点において継続的に実施されている。

現行の高水流量観測は、水文観測業務規程に示される浮子測法により観測が行われている。

しかし、浮子測法による高水流量観測において（1）計画規模を超過する洪水時など浮子を投下する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）豪雨・暴風雨時の観測現場における観測員の安全確保、（3）急激な増水により高水流量観測態勢が構築できずピーク流量の観測ができない状況の発生、（4）観測態勢の構築が困難なため流量観測業務の受注者がいない場合など、河川計画の基礎資料となる高水流量の観測が実施できない等の課題が生じている。

上記の課題を踏まえ、流量観測において、河川砂防技術基準に規定されている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）による試験観測が各地で実施され、実用化に向けた検討がなされつつある。

平成 29 年 3 月の水文観測業務規程の改定において、「その他の流速計測器機」として電波流速計や画像処理型流速測定法による流量観測が規定され、浮子測法での欠測や観測の安全性の確保などの観測状況の改善を図ることが期待された一方、電波流速計や画像処理型流速測定法による試験観測は各観測所での課題を対象に個別に実施されており、観測手法、観測データの記録などが一様でなく、水文観測データとして活用するための統一的な観測手法やデータの記録法、検証方法などが定められていなかった。

これらの背景のもと、平成 29 年には非接触型流速計測法の手引き（試行版）＜平成 29 年度版＞（以降、手引き（試行版））が作成され、非接触型流速計測技術による高水流量観測について、各観測手法の特性、観測手法の選定から、観測方法、観測時の留意点、データの記録、データの保管方法、観測機器の点検、観測データのチェックなど一連の仕様が示され、継続した観測、水文観測データとしての蓄積が可能なようにとりまとめられた。

その後も非接触観測技術の研究・開発が進み、平成 31 年度から令和 3 年度にかけては国土交通省水管理・国土保全局により革新的河川技術プロジェクト（第４弾）として、信濃川水系信濃川、雲出川水系中村川、太田川水系太田川をフィールドに流量観測の無人化・省力化に向けた「流量観測機器」の開発を行うことを目的に各種観測機器の現地実証試験が行われた。

本書は、平成 29 年に作成された手引き（試行版）に革新的河川技術プロジェクト（第４弾）の評価結果や非接触観測技術の最新の研究成果等を踏まえ更新を行ったものである。なお、安定した観測データの取得や安全性の確保など現場の条件等に対応した観測を行う必要があり、観測技術とそれに関連する開発は日進月歩である。このため、本手引き（案）に記載のない非接触型流速計測機器の使用について妨げるものではない。

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。

本書では河川砂防技術基準調査編に準拠し、基準の適用上の位置付けを明確にするために、下表に示すように適用上の位置付けを＜考え方＞、＜必　須＞、＜標　準＞、＜推　奨＞、＜例　示＞に分類し、記載している。

表 1-1　基準内容の分類と適用上の位置付け

分類		適用上の位置づけ	末尾の字句例
考え方	技術資料	●目的や概念、考え方を記述した事項。	「･･･ある。」「･･･いる。」 「･･･なる。」「･･･れる。」
必　須	技術資料	●法令による規定や技術的観点から実施すべきであることが明確であり遵守すべき事項。	「･･･なければならない。」 「･･･ものとする。」
標　準	技術資料	●特段の事情がない限り記述に従い実施すべきだが、状況や条件によって一律に適用することはできない事項。	「･･･を標準とする。」 「･･･を基本とする。」 「･･･による。」
推　奨	技術資料	●状況や条件によって実施することが良い事項。	「･･･望ましい。」 「･･･推奨する。」 「･･･務める。」 「･･･必要に応じて･･･する。」
例　示	技術資料	●適用条件や実施効果について確定している段階ではないが、状況や条件によっては導入することが可能な新技術等の例示。 ●状況や条件によって限定的に実施できる技術等の例示。 ●具体的に例示することにより、技術的な理解を助ける事項。	･･･などの手法（事例）がある。 ･･･などの場合がある。 ･･･などが考えられる。 ･･･の場合には･･･ことができる。 ･･･例示する。 例えば･･･。 ･･･事例もある。 ･･･もよい。

出典：河川砂防技術基準　調査編

現在様々な名称・呼称がある用語について、本書では表 1-2 のとおり統一することとする。

表 1-2　本書で統一して使用する用語の一覧

名称	意味	備考
固定式（電波流速計）	平常時から固定設置しており、流量観測時に人が運ぶ等の移動がない設置様式	従来、「設置型電波流速計」「固定型電波流速計」などと称されてきた用語を本書では左記のように統一
可搬式（電波流速計）	平常時には撤去されており、流量観測時のみ人が運搬・設置して使用する設置様式	従来、「可搬型電波流速計」「携帯型電波流速計」などと称されてきた用語を本書では左記のように統一
画像処理型流速測定法	洪水流を撮影した映像を解析することで流速を計測する手法	従来、「画像解析」「画像解析型流速計測手法」などと称されてきた用語を本書では左記のように統一
見通し	浮子測法における第 1・第 2 見通し断面とそれに係る用語に用いる	従来、「見通し」あるいは「見通」という 2 種類の表記方法があるが、本書では左記のように統一
トレーサ	浮子を含む、流況・流速の標識	「フロート」は用いず、左記のように統一 「トレーサー」としない
センサ		「センサー」としない

2. 非接触型流速計測法による流量観測

2.1 非接触型流速計測法の活用に係る背景

従来、日本における高水流量観測は主に浮子測法により実施されてきた。浮子測法は、急峻で、洪水時の流速が速く、ゴミや流木等の流下物も多い日本の河川においても流速を確実に計測することができることから、これまで長期間に渡り実施されている高水流量観測手法である。浮子測法により高精度かつ安全に浮子観測を実施するためには下記の条件を満たすことが望ましい。

① 浮子投下橋梁の下流に幅員が十分確保された歩道があり、堤防満杯流量の流下時でも橋梁の安全性が確保された地点
② 第 1、第 2 見通し杭の設置箇所が堤防満杯流下時でも安全に観測を行うことが可能な地点
③ 浮子投下位置より下流の河川が直線部（助走区間 30m 以上、計測区間 50m 以上）であり、低水路、高水敷部が維持管理され、砂州や樹木の影響を受けずに浮子が流線に従って流下することが確認された地点
④ 1 観測所 1 回の観測中に水位、流速が大きく変動しない地点
⑤ 出水時の出動指示から観測開始までに時間を要さず、急激な流量増に対してもピーク水位時の観測が可能な地点
⑥ 今後も長期的に流量観測業者が流量観測業務を遂行可能な地点

一方で、観測中あるいは観測現場への移動中の観測員の安全確保など、浮子測法には表 2-1 に示すような課題を抱えた観測所があり、このような観測所では非接触型流速計測法を用いることで浮子測法の課題を改善することが可能であると判断される。

表 2-1 浮子測法の課題とその要因

浮子測法の課題	要因
大規模出水時に観測所へ到達できない	観測所へのアプローチ道路が既往洪水で浸水、土砂災害等で通行止めになったことがある、またはなることが予想される
観測員の安全が確保できない	橋梁下流に歩道がない
	長時間観測時に交代要員を確保できない
	超過洪水時など観測員が危険となり浮子観測ができなくなる
浮子測法ではピーク観測が困難	水位の立ち上がりが速くピーク水位観測ができない
	複数観測所を担当しておりピーク水位観測が間に合わない
	超過洪水時など橋梁が危険となり浮子観測が困難
観測態勢	観測態勢の構築が困難なため流量観測業務の契約が困難
浮子測法では所定の精度が確保できない	浮子が砂州や湾曲などの影響で区分断面をまっすぐ流下しない
	高水敷が樹木やビニールハウスなどで浮子が直線的に流下しない
	河川幅が広く浮子の視認が困難

表 2-2　浮子測法による高水流量観測の課題事例一覧（1/3）

大規模出水時に観測所へ到達できない事例

平成 24 年 7 月九州北部豪雨時に観測所周辺が冠水し、計画規模の高水流量観測が不可能

観測員の安全が確保できない事例

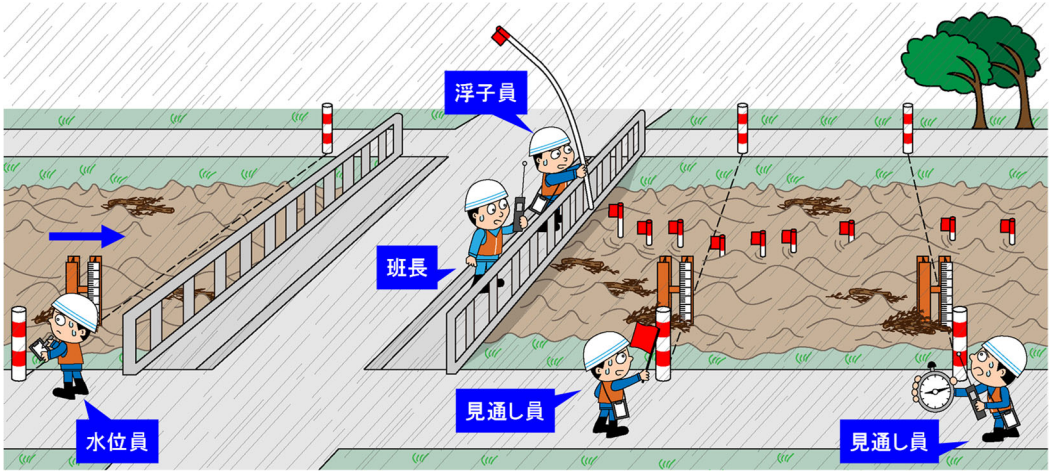
幅が非常に狭くかつ欄干高も低い水管橋上で浮子測法による観測を実施。平成 7 年 7 月の計画規模洪水当時の写真（右写真）をみると、観測員の安全確保が困難

表 2-2　浮子測法による高水流量観測の課題事例一覧（2/3）

浮子測法ではピーク観測が困難

観測所が上流部に位置するため、移動だけで 2 時間程もかかるため、ピーク時の観測が困難

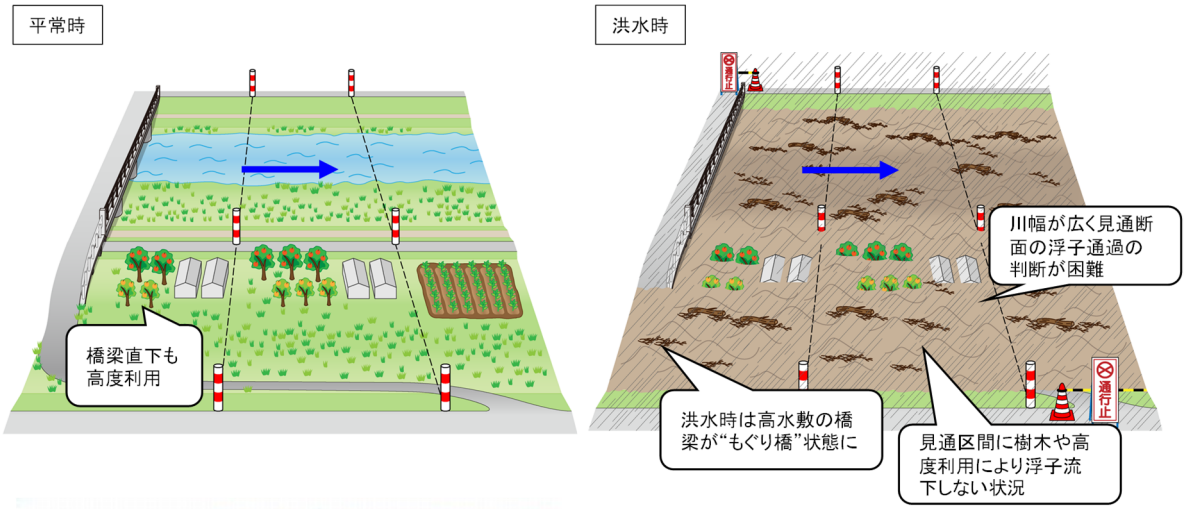
観測態勢



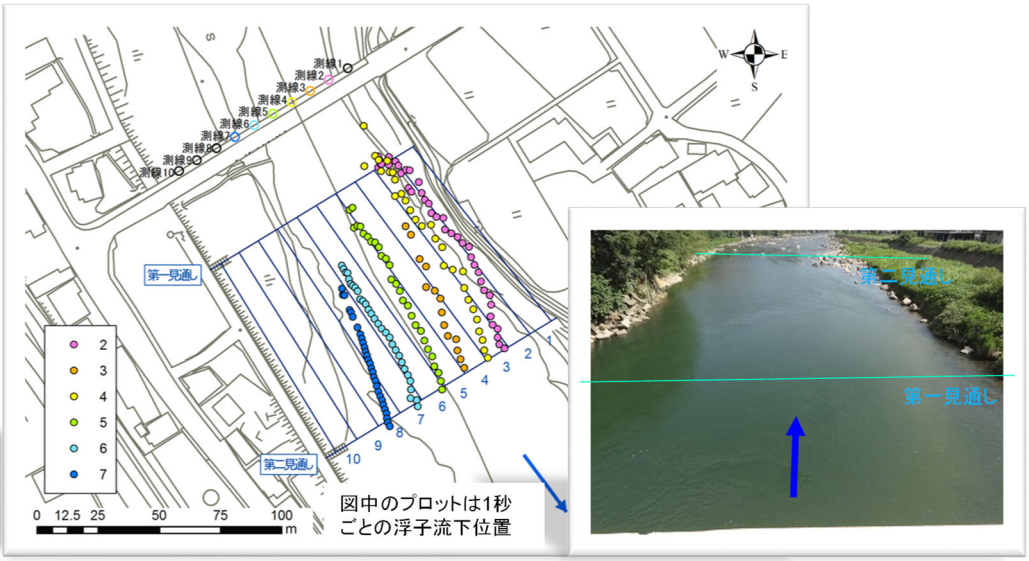
浮子測法は、通常、1 班 5 名で編成される（班長 1 名、浮子員 1 名、見通し員 2 名、水位員 1 名）。これまではこのような班編成が可能であったものの、近年地域によっては人員が不足し、長時間観測対応などにおいて複数班の観測態勢を整えるのが困難

表 2-2　浮子測法による高水流量観測の課題事例一覧（3/3）

浮子測法



高水敷が樹木やビニールハウスなどで浮子が直線的に流下しない



浮子が見通し断面区間において、①決められた横断位置を②真っ直ぐに流下しない（Float-PTV 結果）。

2.2　高水流量「観測」

2.2.1　流速観測手法の概要

流速観測手法としては令和 4 年 3 月時点の観測手法を整理すると、図 2-1 及び表 2-3 のようである。

非固定式観測とは、流量観測時に観測員が観測機器を観測地点に搬入して流速観測を行う方法であり必ず観測員が必要となる。

固定式観測とは、観測機器を固定設置して常に連続して流速を計測する手法である。固定式観測の場合、原則として流速を計測する要員は不要である。但し、機器の稼働確認や観測データの回収、流況の把握(水位標記録、流況写真)を行うための要員は必要とする。

なお、固定式観測における観測データについては、記録装置による記録・回収、光ファイバー等を活用した完全自動化等の選択肢が考えられるが設置する場所の電源、通信環境、経済性等を十分検討し、選択するものとする。

手引き（試行版）で対象とする流速観測手法は、図 2-1 の観測手法のうち、高水流量観測における電波流速計と画像処理型流速測定法である。

図 2-1　流速観測手法の一覧

表 2-3　河道での流速観測手法一覧

分類			名称	直接の測定対象	説明
流速断面積法	トレーサによる流速計測法	非固定式観測法	浮子測法	吃水部平均流速	直線上に一定の区間を定め、浮子を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、フルオレッセ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。
	流水にセンサを接触させる流速計測法	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。
			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。
		船搭載	ADCP(超音波ドップラー流向流速計)計測法	横断面内流速分布	超音波のドップラー効果を応用することによって、断面内の三次元流向・流速分布を測定する機器である。この測定器を橋上係留船等に搭載し、移動しながら測定することによって大水面、大水深領域の通過断面内流量を短時間で測定できる。また、河床等に固定した場合は、流速分布の時間変化を測定できる。
		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両岸に設置し、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	固定式観測法 連続観測可能	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、STIV 法等)		洪水時に流況をビデオカメラ等で撮影した映像を用いて、画像解析手法により流速を計測する手法である。流下するゴミ、波紋等を河岸から撮影、画像解析する PIV 法や、動画から得られる連続した静止画を用いて輝度値等を時間軸方向に積み重ねた時空間画像に生じる縞パターンから水表面流速を求める STIV 法等がある。
水埋構造物法			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。
間接計測法		非固定式観測法	水面勾配断面積法	水位	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。洪水痕跡水位については本章 第 3 節 水位観測 3.9 が参考になる。

河川砂防技術基準　調査編、p.第 2 章　第 4 節－3、令和 4 年 6 月．より抜粋

2.2.2　非接触型流速計測法

手引き（案）では、電波流速計と画像処理型流速測定法を対象とし、各手法の概要を下記に示す。

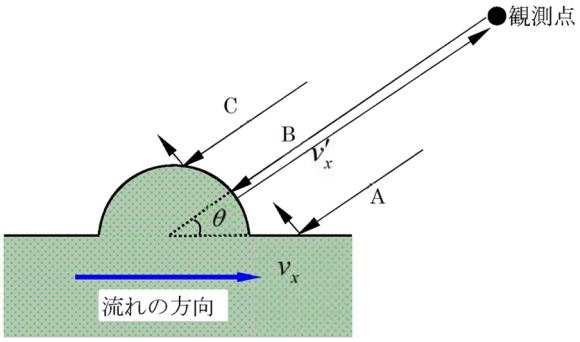
- 非接触型流速計測法
  - 電波流速計
    - 固定式　（自記計測）
    - 可搬式　（有人移動観測）
  - 画像処理型流速測定法
    - 高感度カメラ
    - 遠赤外線カメラ
    - 河川空間監視用システム（CCTV カメラ）※

※CCTV カメラの種類として、「高感度」「遠赤外線」「HD」等の種類がある。

(1)　電波流速計

電波流速計は、計測機器より発した電波が水表面で反射する際に流速に応じて反射周波数が変化するドップラー効果の原理を応用して水表面流速を計測する手法である。

※ドップラー効果とは、移動する物体からの反射周波数が、観測者に対し近づく場合は高く、遠ざかる場合は低く計測される現象。



B の反射波のみ観測される

図 2-2　電波流速計の計測原理の概念図

電波流速計による観測では、観測機器を固定設置する固定式と観測員が決められた横断位置に機器を設置する可搬式の 2 種類がある。なお可搬式の電波流速計を一定期間、連続観測に使用することも可能である。（表 2-4）。

表 2-4　電波流速計の種類一覧

可搬式電波流速計	固定式電波流速計
・橋梁の歩道に設置し、水表面に電波を照射し水表面流速を計測、上記写真の機種は可搬式であるが固定器具を使用することで一定期間連続観測を可能とした例 ・ 計測する横断位置は、浮子測法の浮子割に応じた位置で計測を行う場合が多い	・橋梁の高欄に必要台数を設置し、水表面に電波を照射し水表面流速を計測、なお、上記写真の機種は水位計も搭載しており同時に水位観測ができる機種 ・橋梁近傍に電源施設、制御施設、記録器等の観測局舎を設置して、連続的に水表面流速を計測 ・ 雲台等に搭載することで首振り機能を持った機種の開発も進められている。

(2) 画像処理型流速測定法

画像処理型流速測定法とは、洪水時に流況（水表面）を撮影した映像を用いて、画像解析手法により流速を計測する手法である。

画像処理型流速測定法で用いる映像を取得する機器として、高感度カメラ、CCTV カメラ、遠赤外線カメラなどがある。

流速計測を行う画像処理型流速測定法は、STIV（Space-Time Image Velocimetry）、Float-PTV（Float Particle Tracking Velocimetry）、PIV（Particle Image Velocimetry）及びオプティカルフロー（Optical Flow）がある。Float-PTV はフロートの投下、回収に人力を必要とするため、観測の自動化に向けて安全面や省力化に課題があるため対象外とした。PIV は平面二次元的な流速・流況を捉えることができる有用な手法であるが、STIV と比較して技術者の判断を要する場合が多く、マニュアルなどによる規程の範疇を超える技術を要する。オプティカルフローについては国内での高水観測実績が少ないため、本手引き（案）では対象外とする。

以上から、本手引き（案）では高水流量観測への適用性が高い STIV を扱うものとする。

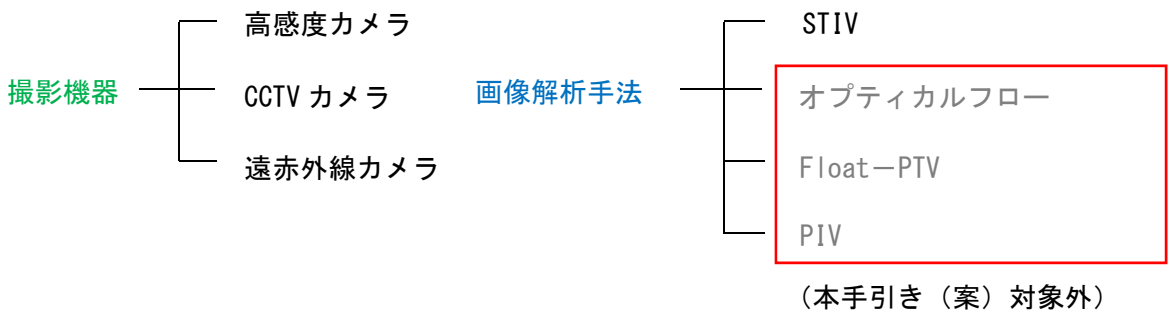


図 2-3　画像処理型流速測定法で使用するカメラ種類と解析手法

表 2-5　画像処理型流速測定法の概要一覧

解析手法	STIV 法 （Space-Time Image Velocimetry）
解析手法 の概要	・ 動画から得られた連続した静止画を用いて、検査線上の輝度値を時間軸方向に積み重ねた時空間画像に生じる縞パターンから水表面流速を求める手法 ・ 標定により幾何補正を行う（画像の幾何補正）
解析対象	動画あるいは連続撮影された複数枚の画像
出力値	水表面流速の横断分布
特徴	・ オルソ画像から解析を行うこともできるが、斜め画像のままであっても比較的精度良く解析を行うことができる。カメラから遠い地点であっても幾何補正による歪みの影響は小さく、ノイズや遮蔽物による影響も小さい。 ・ 計算アルゴリズムも比較的簡単であるため計算の高速化が図れる。
課題	・ 洪水時に現れる水面波紋等が現われなければ計測不能である。 ・ 河川水面全体に霧が発生した場合、計測が不可能となる。

PIV、Float-PTV およびオプティカルフローの手法については、高水流量観測の結果の検証を行う場合などに有用な測定手法である。表 2-6 に各手法の概要を示す。

表 2-6　画像処理型流速測定法の概要一覧（参考）

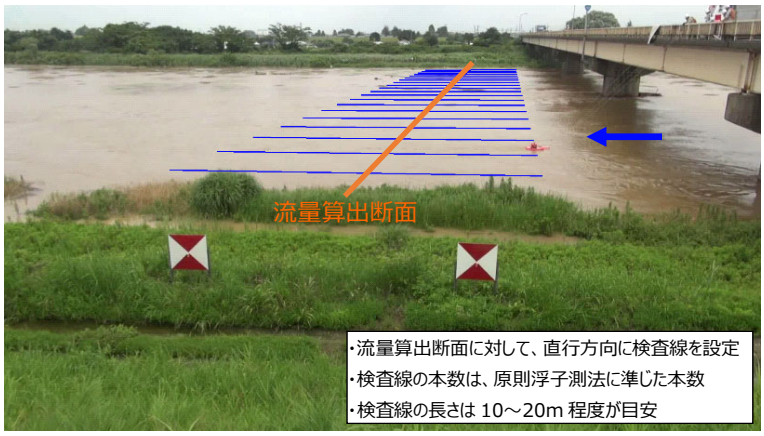
解析手法	PIV (Particle Image Velocimetry)	Float-PTV 法 (Float- Particle Tracking Velocimetry)	オプティカルフロー法 (Optical Flow)
解析手法の概要	・動画から得られた連続した静止画を用いて、検査線上の輝度値を時間軸方向に積み重ねた時空間画像に生じる縞パターンから水表面流速を求める手法 ・標定により幾何補正を行う（画像の幾何補正）	橋の上や河岸から斜め撮影された動画を幾何補正して無歪み動画を作成し、その動画上のトレーサを手動追跡し、トレーサの流下軌跡を捉える解析手法	動画から得られた連続した静止画を用いて、時間的に連続している画像の輝度値を用い画像中の各画素がどの方向に動いたかの移動速度ベクトルを求め、標定点データを元に流速値に変換して求める手法
解析対象	動画あるいは連続撮影された複数枚の画像	インターバル撮影された複数枚の画像	動画あるいは連続撮影された複数枚の画像
出力値	水表面流速の二次元分布	トレーサの流下速度ベクトル	水表面流速の二次元分布
特徴	・オルソ画像から解析を行うこともできるが、斜め画像のままであっても比較的精度良く解析を行うことができる。カメラから遠い地点であっても幾何補正による歪みの影響は小さく、ノイズや遮蔽物による影響も小さい。 ・計算アルゴリズムも比較的簡単であるため計算の高速化が図れる。	・トレーサの流下流跡から浮子流速精度の検証が可能 ・浮子流下速度を計測可能（映像を撮影しておけば見通し員 2 名を確保しなくてもよい）	・オプティカルフローには画像の特徴的な点を解析する sparse 型と画像全体の動きを解析する dense 型があるが、特徴点がとらえにくい河川では dense 型が有効である。 ・計算アルゴリズムも比較的簡単であり計算の高速化が図れる。
課題	・洪水時に現れる水面波紋等が現われなければ計測不能である。 ・河川水面付近に霧が発生した場合、計測が不可能となる。	・トレーサ投下の観測員は必ず必要 ・手動でトレーサを追跡するため、多大な解析時間が必要 ・手動でトレーサを追跡するため、少なからず人為調整が生起	観測画像の画質(明暗、ノイズ)により適切なベクトルが検出できない場合は映像不良として無効となる。

表 2-7　画像処理型流速測定法の概念図一覧

STIV の概要

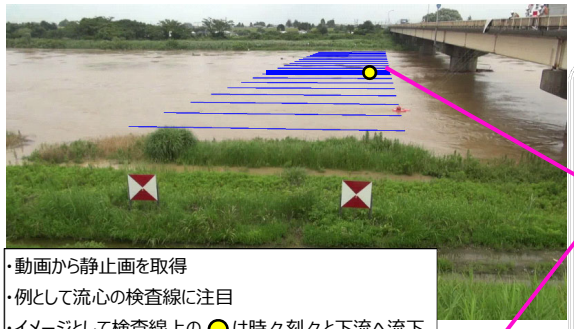
STIV 解析

①カメラ映像上に水表面流速を計測するための「検査線」を設定

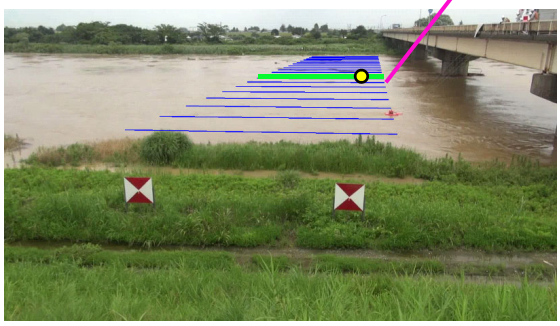


※試験観測でのカメラ映像のため橋梁下流での映像

②時空間画像（STI）の作成、水表面流速算出



・動画から静止画を取得
・例として流心の検査線に注目
・イメージとして検査線上の ○ は時々刻々と下流へ流下
・時刻 T＝T_1、T_2、・・・、T_nの検査線を抽出



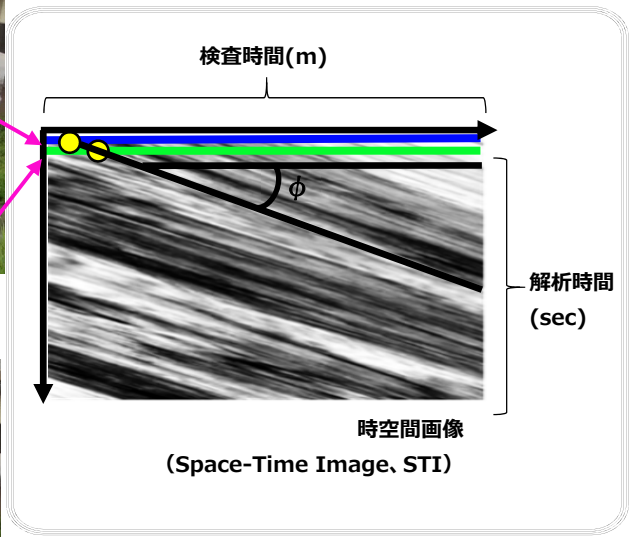
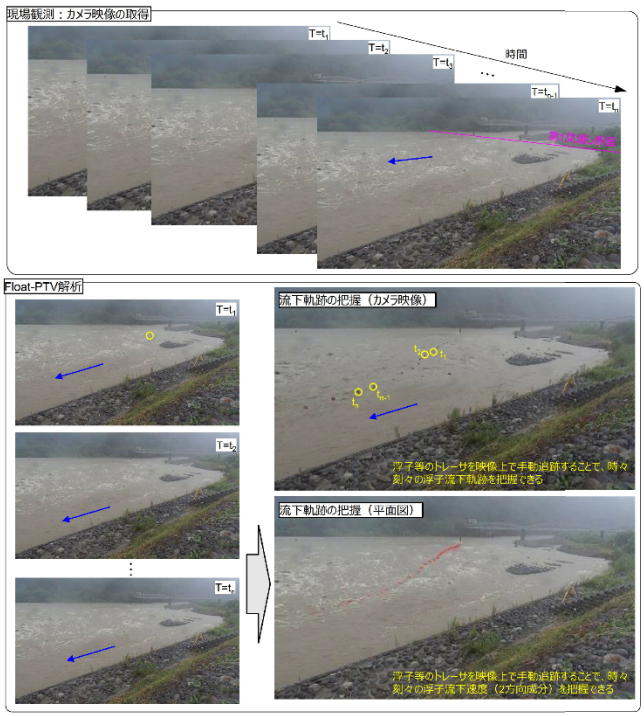
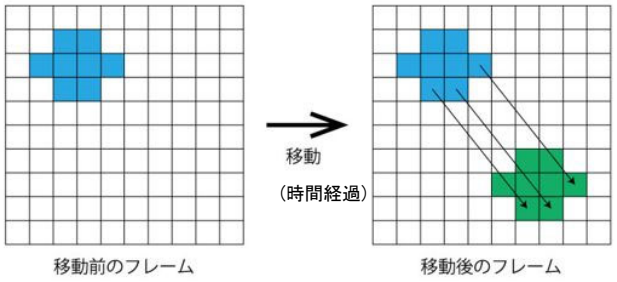


表 2-8　画像処理型流速測定法の概念図一覧

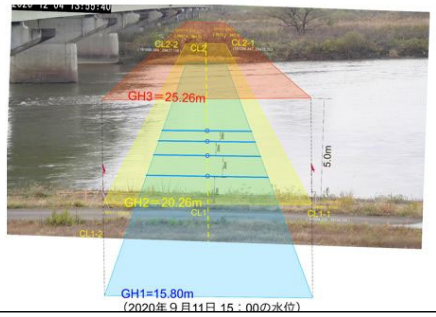
Float-PTV の概要



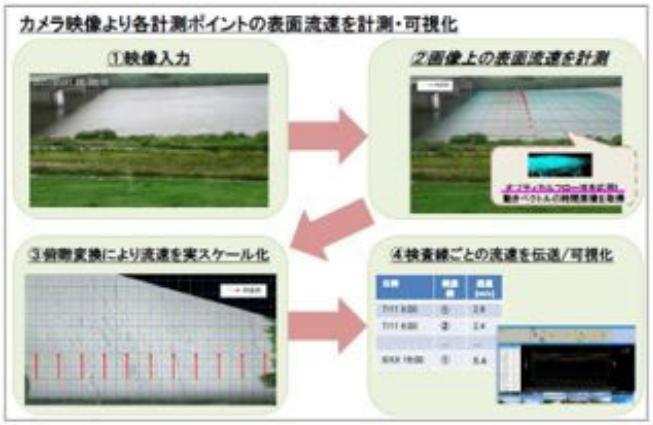
オプティカルフローの概要



移動ベクトル解析イメージ



測量による標定点データを基に 3 次元距離計算結果をカメラ画角に重ねた図



2.3　高水流速（流量）観測手法の選定

2.3.1　流速観測手法の選定

表 2-1 に示される現行の浮子測法の課題に対し、非接触型流速計によりどのような対応が可能かについて整理を行った。

(1)　固定式電波流速計

洪水時の流量を安全で確実に観測するための一手法として観測機器を固定する観測方法がある。例えば、河川の上流部など観測地点までの移動に時間がかかりピーク水位の観測が間に合わないあるいは欠測が生じる場合や観測人員の不足から流量観測が困難な場合は、固定式の電波流速計を設置して流速観測を行うことが有効な方法の一つである。

固定式電波流速計は、超過洪水時などにおいても橋桁が水没しない橋梁底部や高欄に設置されることが多い。固定式電波流速計は、橋脚による流れの乱れが生じにくい位置に電波を照射して流速の計測を行う。電波流速計機器には、電波発信器から水面までの電波照射距離に制限があるため、設置場所の選定にあたっては、発信器の設置位置と観測対象水面までの距離、俯角、保守の容易さ等に留意する必要がある。

固定式電波流速計は設置台数などの制約から計測断面は浮子測法の浮子割に比べ少ない場合が多い。流量算出においては、電波観測の横断流速データが少ないことから、必要に応じて流速補正・補間を行い標準法程度の分割断面での断面流速を算出することで、流量算出精度を確保することも有効である。

電波流速計による計測は水表面の流速を計測することから、水表面流速は風の影響を受ける。このため、観測流速には風の影響補正が必要である。ただし観測所毎に水表面への風の影響度が異なることから、風の影響補正用の風向風速計の設置地点には留意する必要がある。詳細は「**5. 風の観測**」にて記載する。

また、電波流速計は低水時など水面に波紋が生じない場合、流速を計測できないことに注意する。詳しい特徴・注意点については「**3. 電波流速計法**」にて記載する。

表 2-9　固定式電波流速計とその付帯設備一覧

固定式電波流速計の外観	観測局舎

注 1）固定式電波流速計に使用される機種には、使用電波によって電波法の無線局免許を受ける必要があるものと必要のないものがある。

注 2）可搬式の電波流速計にデータロガーを接続し、固定式として活用する方法もある。ただし、筐体の防水性の観点や電源の確保について検討が必要である。

写真 2-1　固定式電波流速計の設置例（橋梁底部、上流に向けて設置）

写真 2-2　固定式電波流速計の設置例（橋梁側面、上流に向けて設置）

写真 2-3　可搬式の機器にデータロガーを接続して自動観測を行った例
（高欄部、上流に向けて設置）

(2)　可搬式電波流速計

可搬式電波流速計を橋梁に設置し、浮子割に対応した観測地点で横断的に流速観測を行う。浮子測法では長時間・多地点での観測が困難な場合や観測人員が少なく浮子観測の態勢を構成できない場合、浮子がまっすぐ流下しない河道形状・計測断面で流速分布の取得が必要な場合などで有効な手法である。

可搬式電波流速計による観測は、浮子測法同様、観測地点で観測員による機器操作が必要であるため、観測員が安全に現地に到達、現地作業が出来る環境が必要である。

浮子観測地点の橋梁から、橋脚による流況の乱れが少ない位置に向けて可搬式電波流速計により観測を行うことが望ましい。橋梁下流に橋脚の影響がある場合でも、橋梁上流側に歩道など安全に観測可能な空間がない場合やその他観測の目的に応じて、橋梁の下流側で観測を行うが、その際は橋脚の影響を受けることを十分に理解した上で、観測結果を使用することが必要である。

可搬式電波流速計では基本的に 2 人程度での観測が可能であり、観測時間も 1 測線で約 3 分での観測が可能なことから少人数での観測態勢の構築が可能であるが、観測測線が多数ある場合は、複数班（複数台の電波流速計）で観測することが望ましい。令和 4 年 3 月現在使用されている機器には、水面までの電波照射距離、俯角、低水時など水面に波紋が生じない場合には計測できない等の制約があるものがある。

電波流速計による計測は水表面の流速を計測しており、水表面流速は風の影響を受けるため、観測流速の風の影響補正を行うことが必要である。補正を行う風向風速については、可搬式電波流速計測地点付近で観測することが望ましい。詳しくは「**5.　風の観測**」で記載する。

写真 2-4　可搬式電波流速計の観測事例（橋梁上流側で観測）

写真 2-5　可搬式電波流速計の観測事例（夜間観測）

写真 2-6　風向風速の観測事例

(3) 画像処理型流速測定法（高感度カメラ）

高感度カメラを用いた観測は、電源の確保が容易である水位等の観測局舎や堤防上にあらかじめカメラを固定するための支柱等を敷設し、カメラの設置位置と対象水面（高水観測開始水位～H.W.L）との比高、画角を検討し、カメラレンズの焦点距離による撮影範囲内に標定点を設置し、カメラ姿勢を決定する。

画像撮影を安定的に行うためには、安定電源の供給が必要で無停電電源を有した商用電源を引き込み、カメラの他に画像の記録装置、必要に応じて画像鮮明化装置を配置する。

カメラ姿勢の標定は、カメラ姿勢を維持する限りは設置時に行えばよい。カメラ位置の移動や画角を変更した場合にはその都度、標定を行う必要がある。

高感度カメラの設置にあたっては、観測対象水面の範囲を画角に収めるとともに周辺環境の光源の影響について留意する。高感度カメラはわずかの光を検出して画像を撮影するため外灯等の外部の照明に影響を受ける。洪水時の夜間の水面は月明りもなくかなり暗い状態にあるため外灯等の人工光のコントラストが強く撮影画像の視認性が悪くなる可能性があるため機器の設置にあたっては現地の光条件に留意する必要がある。

夜間の視認性は高感度カメラを用いることで改善できる場合がある。光源のない場所では水面に照明光を照射することで観測可能となる。詳しくは「**4. 画像処理型流速測定法**」に記載する。

画像処理型流速測定法の STIV 法による計測は水表面の流速を計測しており、水表面流速は風の影響を受けるため、観測流速の風の影響補正を行うことが必要である。補正を行う風向風速は、観測所近傍で観測することが望ましい。詳しくは「**5. 風の観測**」で記載する。

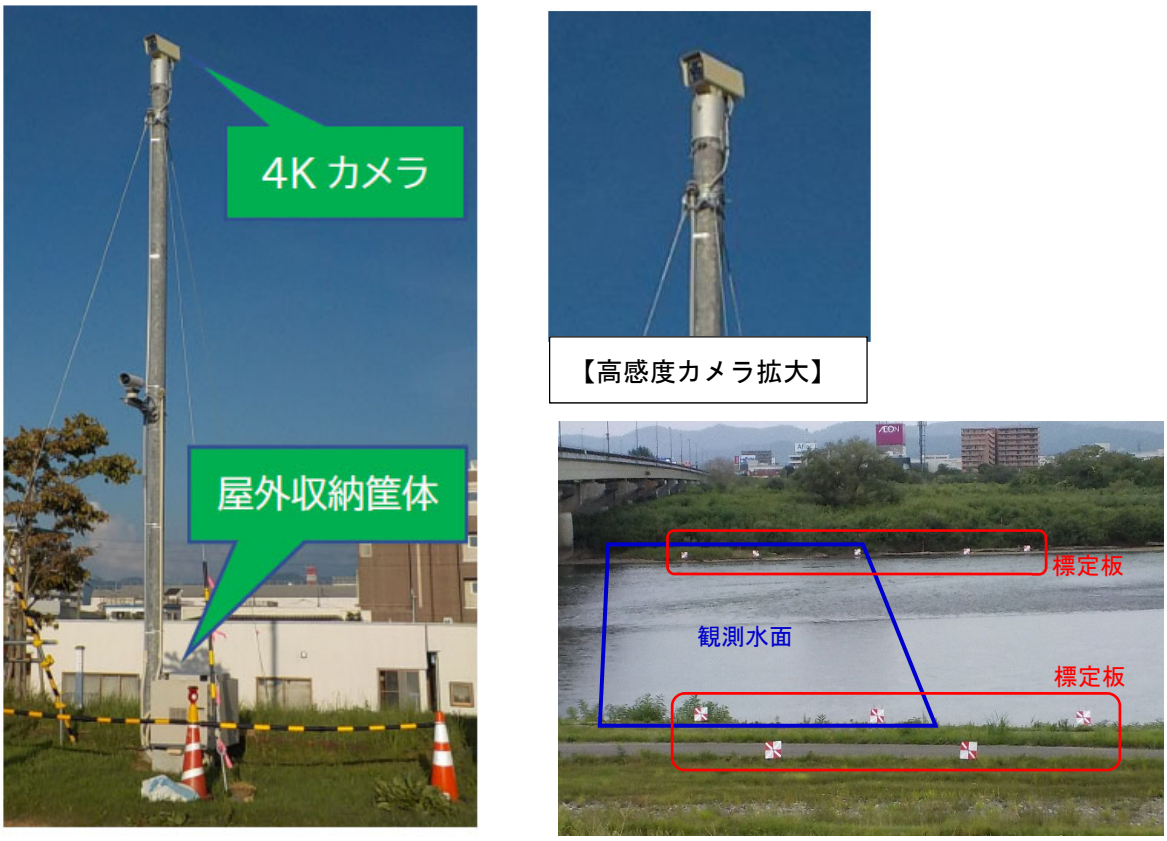


写真 2-7　高感度カメラの設置事例

(4)　画像処理型流速測定法（CCTV カメラ）

河川空間監視用に設置されている CCTV カメラの録画画像を用いて画像解析により流速計測を行う。CCTV カメラのプリセット機能を用いることで一定の流量観測用画角の撮影が可能となる。

プリセット機能を活用することで、他の手法での流量観測ができなかった場合に補間的に活用することが可能である。CCTV カメラでは可搬型のビデオカメラとは異なり一定の画角が再現できるため、標定点については一度標定点が映った画像を取得し、標定点の 3 次元座標の測量を行っておけば、洪水時の映像には標定点は映る必要はない。

空間監視用に設置される CCTV カメラにはプリセット機能を備えている場合が多く、事前に流量観測用画角を設定し、登録しておくことで、洪水時に適切な画角で撮影を行うことが可能となる。

CCTV カメラには、夜間にフレームレートを下げて感度を上げる機能をもった種類タイプがある。フレームレートを下げると動きが早い対象物を捉えることは難しくなるため、カメラ性能をよく確認することが必要である。フレームレートは 30fps を標準として、最低でも 7.5fps を確保する。

画像処理型流速測定法では、解析に必要な標定点を計測範囲周辺に配置することが必要であり、標定点の測量（座標・標高）を行うことが必要である。CCTV カメラのレンズ位置は必要に応じて測量する。CCTV カメラでは、プリセット登録を行っておけば、洪水後の標定点の測量により流速解析が可能である。このような機能を考慮して、超過洪水時や浮子測法によるピーク流量欠測などに備え、管内の CCTV カメラについて事前に流量観測用の画角をプリセット設定し、出水時に映像を記録できるようにしている事例もある。

現在設置されている CCTV カメラは一般的に空間監視用が主なため、洪水時の独占使用あるいは一時的な画角の変更が可能か確認する必要がある。

写真 2-8　CCTV カメラ設置状況

写真 2-9　CCTV カメラ洪水時映像

(5)　画像処理型流速測定法（遠赤外線カメラ）

可視光のない夜間でも遠赤外線を感知可能なカメラを用いて河川の流況を撮影し、水面の波紋を捉え、画像解析により流速を計測することができる。

遠赤外線カメラは、物体が発する遠赤外線を感知するため、可視光がない夜間においても水面に反射する遠赤外線の波紋を捉えることで河川の流況などを撮影することが可能なカメラである。

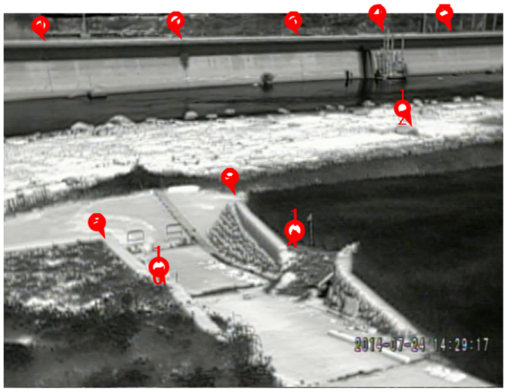
令和 4 年 3 月時点では、遠赤外線カメラの解像度は 640×480 の VGA 画像程度であり、一般的なビデオカメラに較べると解像度では劣るため、流速計測対象範囲までの距離が遠いと精度が劣る場合がある。撮影の画角範囲は、レンズの焦点距離によって変わるため、流速解析の対象とする範囲を設定し、その画角が得られるレンズを選択する。なお、解析可能な川幅については現地の状況により異なるが良好な観測条件下での計測結果で、約 280m の距離で有効な流速解析結果が得られた事例もある。

遠赤外線カメラはビデオカメラの様にバッテリー稼働の可搬式カメラは無く、カメラ、電源、録画機、モニターなどを現地に設置して撮影、記録を行うことが必要である。遠赤外線カメラ機器一式を観測地点に固定設置する場合が主であるが、試験観測等で洪水時に機器を現地に仮設し撮影を行うことも可能である。

遠赤外線カメラ映像を用いて画像解析により流速計測を行うため、ビデオカメラ等標定点設置、標定点測量（座標・標高）等が必要であり、水表面流速の風の影響補正は必要である。

可視光のカメラでは近隣住民のプライバシーの配慮・保護の視点から設定できない画角が生じる場合があるが、遠赤外線カメラ映像は人の識別等が不可能であるためそうした問題が生じにくい。

図 2-4　固定式遠赤外線カメラ設置状況



標定点と遠赤外線映像

出水時映像（夜中　3時1分）

図 2-5　遠赤外線カメラの撮影画像

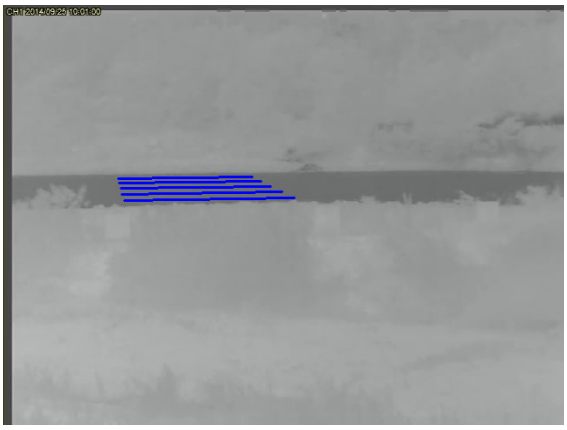


図 2-6　可搬式の遠赤外線カメラの観測状況と遠赤外線画像の例

(6) 画像処理型流速測定法の適応性

画像処理型流速測定法を実施するにあたり、高感度カメラ、CCTV カメラ、遠赤外線カメラのそれぞれについて、夜間撮影の可否、画像解析手法の適不適を表 2-10 に示す。

画像解析手法や各カメラの特徴の詳細については、「4. **画像処理型流速測定法**」に詳述する。

表 2-10　画像処理型流速測定法の適応性

		高感度カメラ	CCTV カメラ	遠赤外線カメラ
STIV	自動観測	○（常設型）	○(プリセット変更)	○（常設型）
	昼間観測	○	○	○
	夜間観測	○照明	△照明	○

2.3.2 浮子測法における課題と適切な対応策

各観測所が抱える浮子測法の課題に対して、各種非接触型流速計測法の特徴を踏まえ、適切に対応策をとる必要がある。各課題に対する対応策の観点と非接触型流速計測法による対策案を示す。（表 2-11）

表 2-11　浮子測法の課題と非接触型流速計測法の適用

浮子測法の課題	要因	観点	非接触型流速計測法による対策案
浮子測法ではピーク観測が困難	既往観測で立ち上がりが早くピーク観測ができない	超過洪水時でも橋桁が水没しない橋梁がある	固定式電波流速計
		近傍に CCTV カメラがある、夜間でも水面を視認できる	画像処理型流速測定法（CCTV カメラ）
		上記以外	画像処理型流速測定法（高感度カメラ、遠赤外線カメラ）
	複数観測所を担当しておりピーク観測が間に合わない	チーム数を増やして対応	可搬式電波流速計を用いて各班の構成員を減ずる
		浮子観測を実施する観測所数を減ずる	固定式機器（電波流速計、各種カメラ）
	超過洪水時など橋梁が危険となり浮子観測ができない	状況に応じて観測機器を仮設	画像処理型流速測定法（可搬式カメラ）
		近傍に CCTV カメラがある	画像処理型流速測定法（CCTV カメラ）
大規模出水時に観測所へ到達できない	観測所へのアプローチ道路が既往洪水で浸水、土砂災害等で通行止めになったことがある	超過洪水時でも橋桁が水没しない橋梁がある	固定式電波流速計
		近傍に CCTV カメラがある、夜間でも水面を視認できる	画像処理型流速測定法（CCTV カメラ）
		上記以外	画像処理型流速測定法（高感度カメラ、遠赤外線カメラ）
観測員の安全が確保できない	橋梁下流に歩道がない	上流側に歩道がある	可搬式電波流速計（橋梁上流で観測）
		上記以外	固定式機器（電波流速計、各種カメラ）
	長時間観測時に交代要員を確保できない	観測班を多くして観測を継続	可搬式電波流速計を用いて各班の構成員を減ずる
		浮子観測を実施する観測所数を減ずる	固定式機器（電波流速計、各種カメラ）
	超過洪水時など観測員が危険となり浮子観測ができなくなる	状況に応じて観測機器を仮設	画像処理型流速測定法（可搬式カメラ）
		近傍に CCTV カメラがある	画像処理型流速測定法（CCTV カメラ）
浮子測法では所定の精度が確保できない	浮子が砂州などの影響で区分断面をまっすぐ流下しない	橋梁があり、橋梁周辺の流況が安定している	可搬式電波流速計または固定式電波流速計
		橋梁がない、あるいは橋梁周辺の流況が不安定	画像処理型流速測定法（流況が安定した位置で観測）
	河川幅が広く浮子の視認が困難	川幅が 150m 程度	各種カメラを用いた画像処理型流速測定法
		川幅が 300m 程度	各種カメラを左右岸に設置し同時観測
		複数台数による同時多点観測	可搬型電波流速計または固定式電波流速計を複数台設置し同時多点観測
		その他	低水路、高水敷部などで、電波流速計、画像処理型流速測定法などを組み合わせて断面全体の流速分布を計測

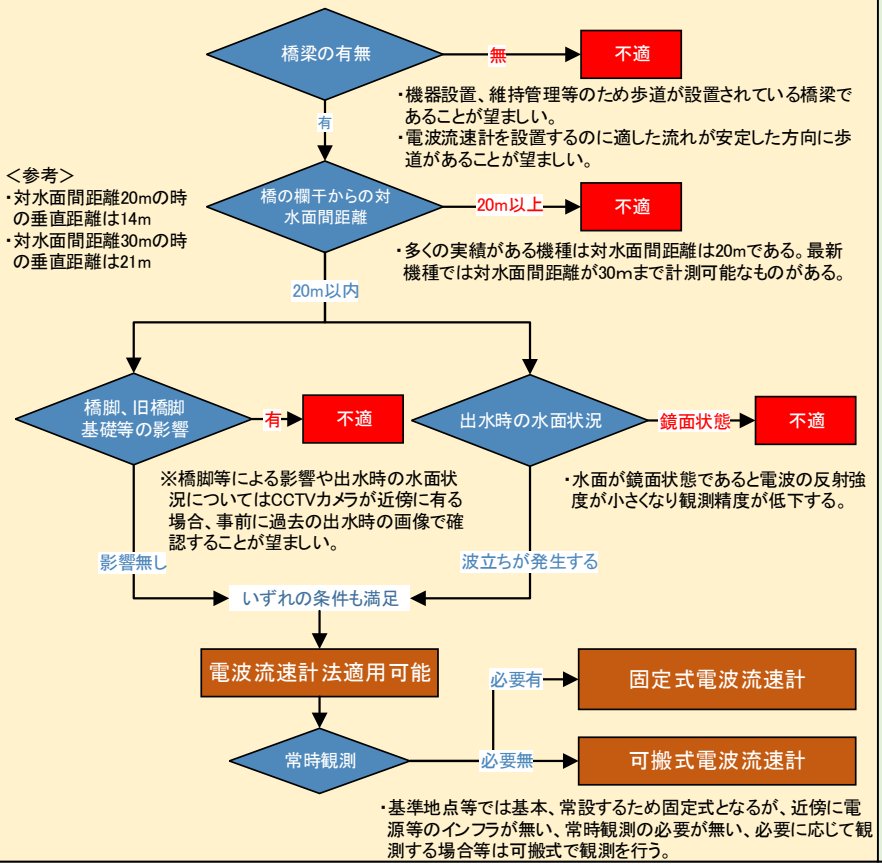
非接触型流速計測の検討、観測手法選定の流れ（案）

観測場所

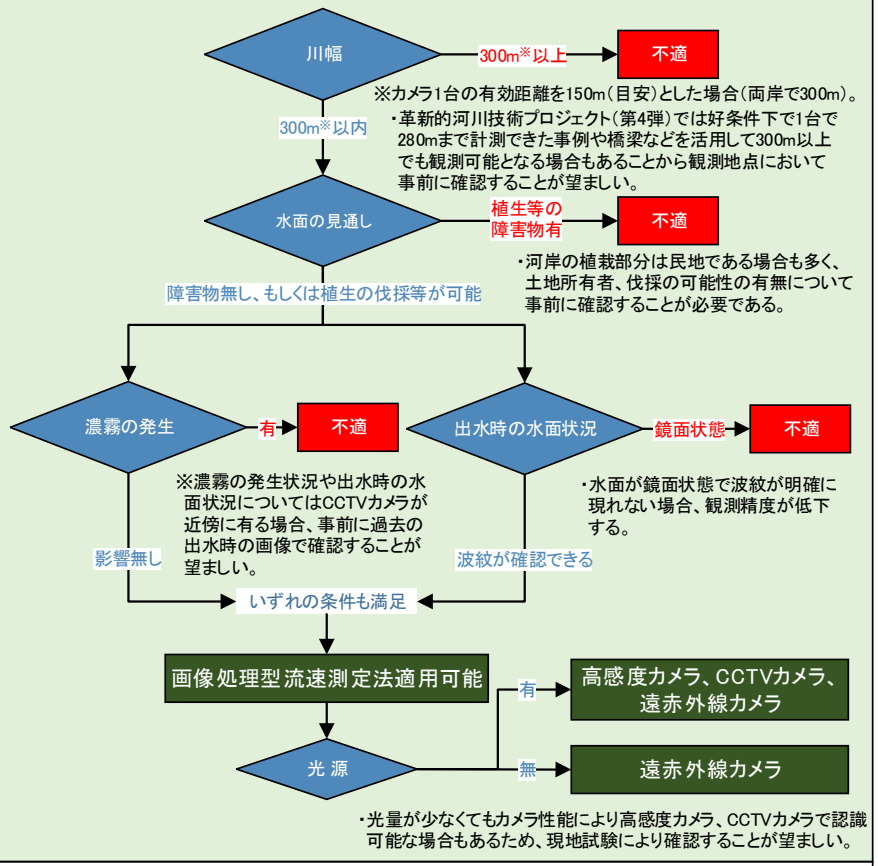
・河道が湾曲していない場所であることが望ましい（河道が湾曲し、流れが乱れるような場合、電波流速計法、画像処理型流速測定法ともに観測精度が低下する恐れがあるため）。
・支川の合流点に位置しないこと（支川の合流点付近では複雑な流れとなり、電波流速計法、画像処理型流速測定法ともに観測精度が低下する恐れがあるため）。
・水位観測局舎等、電源等のインフラ整備やデータロガー等の機器収納スペースが近傍にあることが望ましい。
・既往の浮子観測地点、観測測線の近傍で且つ、過去の流量観測結果との継続性が確保される場所であることが望ましい。

機器の適用性・選定

電波流速計法の適用性の検討



画像処理型流速測定法の適用性の検討



総合的な判断

電波流速計法、画像処理型流速測定法ともに適用可能な場合は、初期投資及び維持管理費を踏まえた経済性の検討を行い、総合的に判断し観測手法を選定する。

【参考資料】

流量観測高度化に向けての作業手順(案)

1．基本事項の整理　（机上検討）

1)　対象水位：水防団待機～計画高水位
2)　対象水面(解析点)：浮子測線（標準法）
3)　観測項目：表面流速（電波／観測値、画像／動画）
4)　記録時間及びインターバル
　【画像】
　・記録時間：出水観期間中(例：6 月～10 月)解析出水のピーク前後の任意の時間帯
　【解析対象時間】
　・水位計測にあわせて 10 分間隔
　【電波】
　・計測間隔：1 秒（平均化時間間隔：60 秒）
5)　記録位置：河川事務所(現地ﾊﾞｯｸｱｯﾌﾟ有無:確認)
6)　流量算出法：後計算（横断測量後）
　【電波】
　・区分求積法 or 力学的内外挿法
　【画像】
　・流速解析(STIV 法)→区分求積法 or 力学的内外挿法

↓

2．観測地点の現状把握　(現地調査)

【現地調査項目】
1)川幅
2)堤防高
3)浮子測線（標準法、緊急法の位置）
4)水位（水位計の位置、量水標の状況）
5)橋梁（橋梁幅、構造、橋脚位置、歩道の有無、高欄、付帯設備、照明等）
6)CCTV（位置、カメラ、水面までの距離等）
7)電源設備（位置等）
8)通信設備（位置、接続位置）

↓

3．観測方式の検討　(前頁のフローを参照)

↓

4. 機器配置の概略設計

【基本的配置案】

・機器設置
・配線
・電源
・通信
・記録、保存
・解析、流量算定
・維持管理　他

→

・数量表（概数）
・概算（導入時、維持管理）
・図面

↓

5. 機器配置の詳細設計

【詳細設計】

・機器設置
・配線
・電源
・通信
・記録、保存
・解析、流量算定
・維持管理　他

→

・数量計算書
・数量総括表
・詳細設計図面（一般図等）
・アイソメ図等

2.4　高水流量「算出」

2.4.1　流量とは

「流量」とは、任意の横断面を単位時間あたりに通過する水理量であり、流量を算出するには以下の 3 つが必要である（図 2-7）。

1）　横断形状

流量を算出する断面の横断面形状。

高水流量観測では洪水前後の流量計算地点における横断測量成果を採用。これは一般的に出水中の横断形状の変化を観測することが困難であることを意味する。

2）　河道水位

流量を算出する横断面の水位。観測所基準測線及び観測測線の水位標の読み値を用いる。これは一般的に流量算出する横断面内の水位は一様と仮定している。

3）　流速

流量算出する横断面の流速横断面分布が本来は必要。非接触計測法では難しいが ADCP ではこの様な計測が可能である。

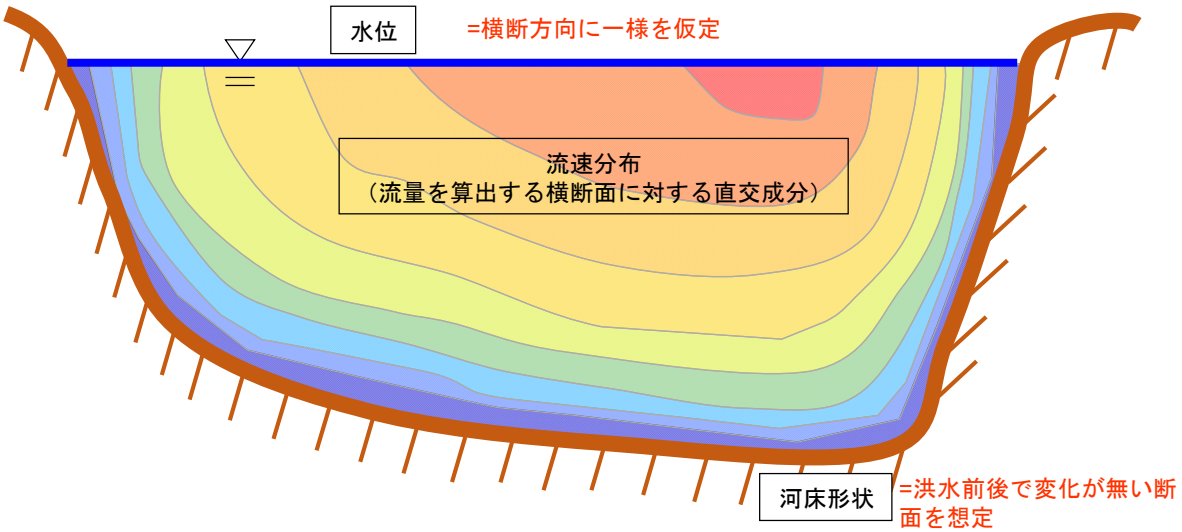
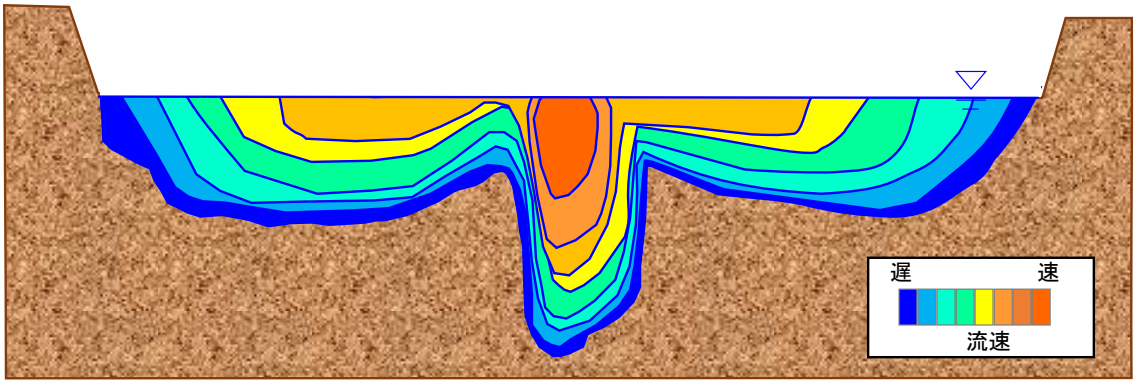


図 2-7　流量「観測」の概念図

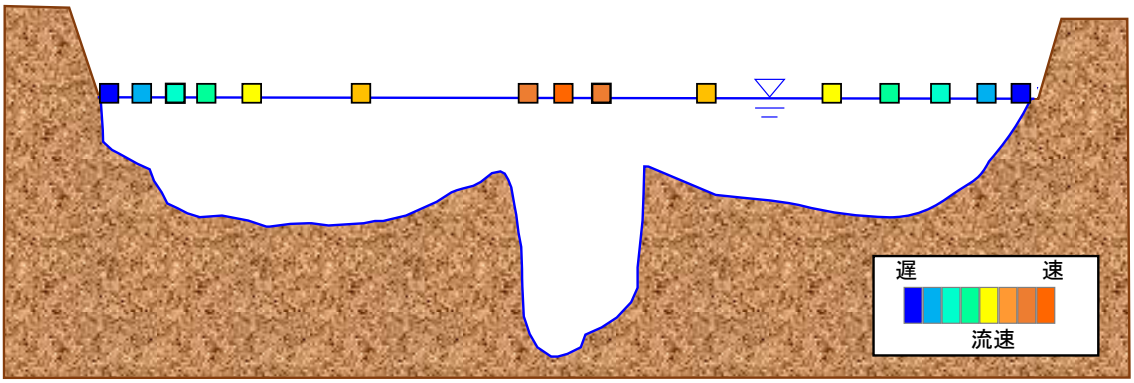
非接触型流速計測法では浮子測法と同様に、流速「観測」と流量「算出」を組み合わせることで流量を算出することになる（表 2-12）。非接触型流量測定法の計測する横断面は、電波流速計では設定した俯角からの電波照射位置を横断位置とする。画像処理型ではカメラ設置位置で設定した検査線の中心を横断位置とし、それぞれの位置での横断形状をあらかじめ横断測量によって把握する。

表 2-12　流速「観測」と流量「算出」の概念図一覧

流速「観測」

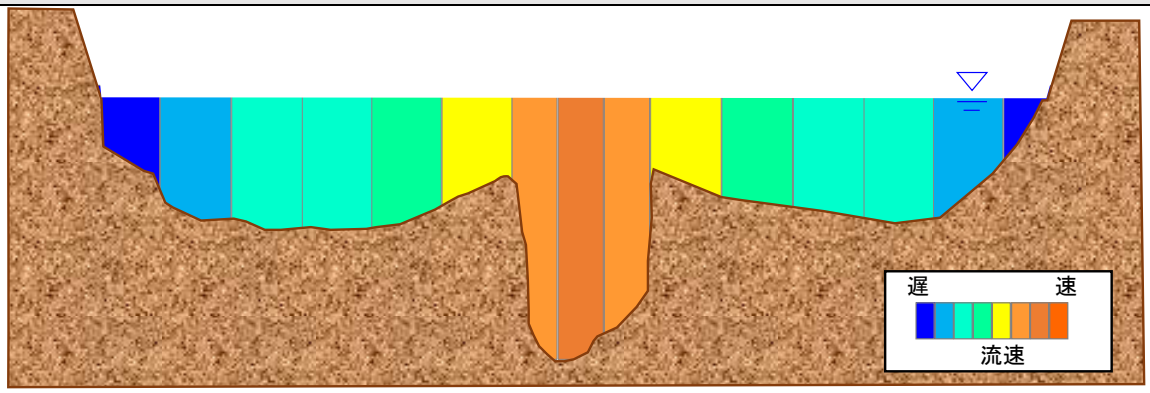


本来必要な流速横断面分布図。



現実には、浮子測法であれば浮子吃水深の平均流速、非接触型流速計測法であれば水表面流速である。（電波流速計・STIV の事例）。

流量「算出」



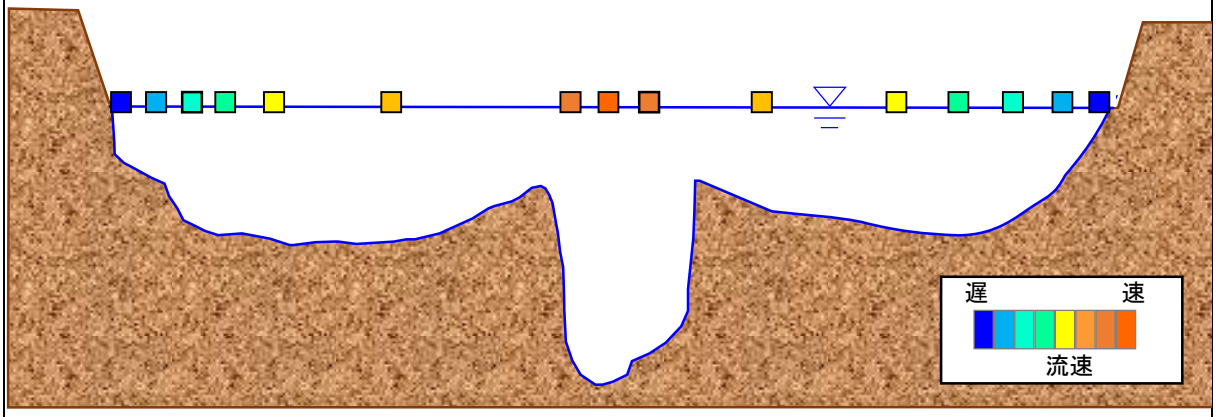
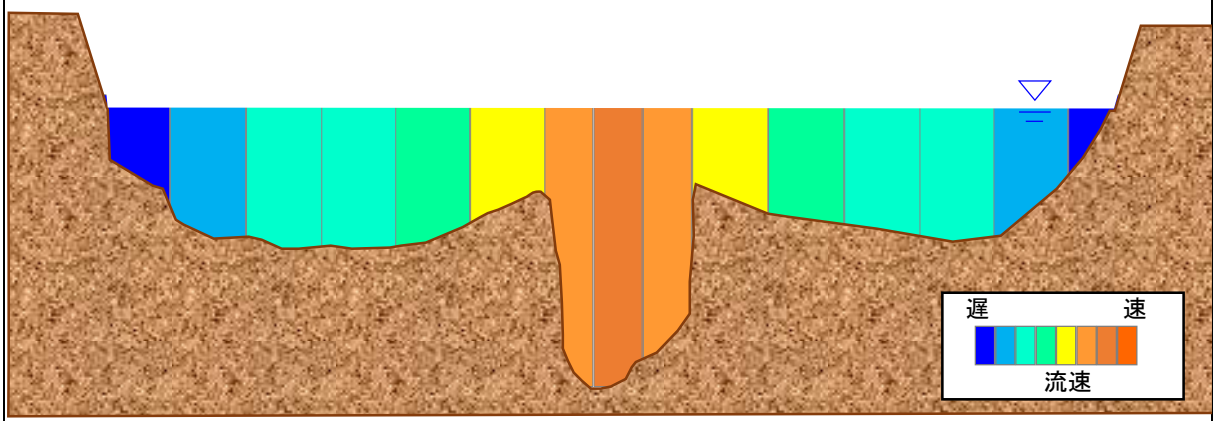
浮子吃水深あるいは水表面流速から、流速横断面分布に代替できる流量「算出」法により流量を算出する。浮子測法では、①浮子吃水深の平均流速に更正係数を乗じることで断面平均流速を算出、②区分流量を合算することで流量を算出する、といった「算出」法である。

非接触型流速計を用いた流量算出法は、以下に示す区分求積法と数値解析手法、断面内の流速分布の推定による流量算出方法の３つがある。

2.4.2　区分求積法

区分断面ごとの鉛直平均流速を算定し、それに区分断面積を乗じて区分断面ごとの流量を算出し、全断面での総和により流量を算出する（表 2-13）。従来使用されている一般的な手法である。

表 2-13　区分求積法の概念図

流速「観測」
 非接触型流速計測法では、水表面流速（電波流速計、STIV が得られる（上図は、水表面流速（電波流速計・STIV の概念図））。
流量「算出」
 ・　水表面流速（電波流速計、STIV）から、流速横断面分布に代替できる流量「算出」法により流量を算出する。具体的には浮子吃水深の平均流速であれば更正係数を乗じる、水表面流速の平均流速であれば表面流速係数を乗じることで断面平均流速を算出 ・　断面平均流速に断面積を乗じることで区分流量を算出 ・　区分流量を合算することで流量を算出

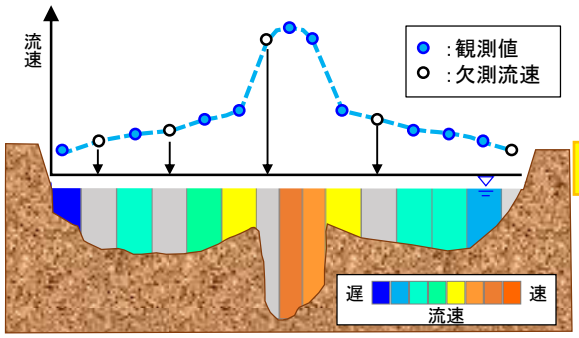
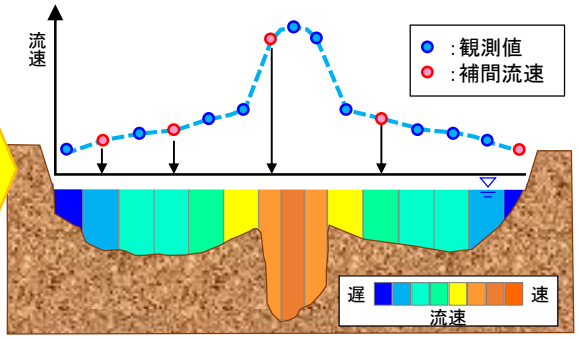
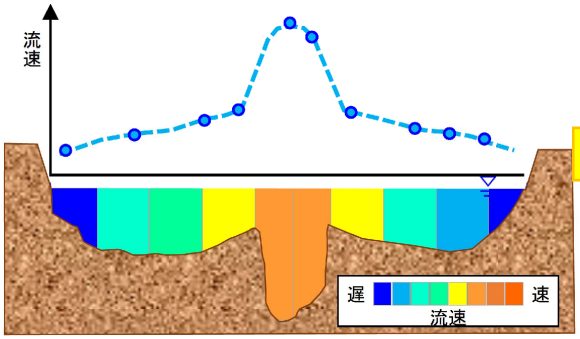
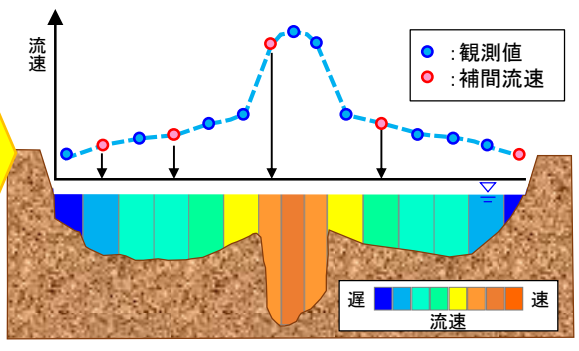
2.4.3　数値解析手法による流速補間による流量算出

横断的に流速観測データ数が少ない場合（やむを得ず流量観測を緊急かつ迅速に行わなければならない場合の最小浮子流速測線数やそれ未満の流速観測数に相当）や欠測などにより区分求積では十分な流量算出精度が確保されない場合、これまでは「欠測」扱いとなっていた。

これに対して、平成 29 年 3 月の水文観測業務規程の改定において「水理学的知見に基づき算出する手法」が規定され、数値解析手法を活用することで、このような場合でも「欠測」とせず流量を算出することが可能である。

例えば、複雑でない河床形状の河川であれば、少ない測線同士の間を線形補間、フルード数、無次元掃流力といった条件で補間することでも、流量の算出精度が向上することが考えられる。また、近年、高水流量観測での流速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力学的内外挿法が提案されている。力学的内外挿法を用いることで、浮子測法や非接触型流速計測法で得られた離散的な流速から、連続的な流速横断面分布を算出することが可能である。ただし流況や観測所の状況によっては使用法に注意しなければならない。詳しくは「**8.　観測データのチェック方法**」に記載する。

表 2-14　力学的内外挿法による流速補間の概念図一覧

横断的に流速観測データに欠測がある場合	数値解析手法による流速補間のイメージ
	
横断的に流速観測データ数が少ない場合	**数値解析手法による流速補間のイメージ**
	

2.4.4　断面内の流速分布の推定による流量算出

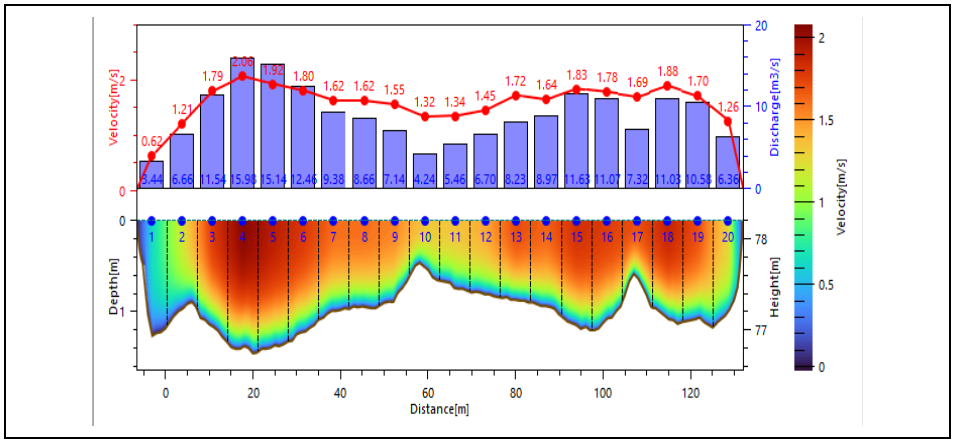
区分求積法においては、表面流速係数によって流量の算出精度が左右される。正確な表面流速係数は ADCP 等で詳細な流速計測を行なわなければ把握できないため、実用上は標準値である 0.85 を表面流速係数として採用されるケースが多い。しかし、流況や河川形状によっては、この表面流速係数が異なる場合がある。

この課題に対して、特に画像処理型流速測定法により横断方向に密に流速を計測できている場合は、表面流速係数を使用しない流量算出方法として、最大エントロピー法を用いた手法が提案されている。この最大エントロピー法では、エントロピーパラメータ M と河床形状及び表面流速の分布から、断面内の流速分布を推定することができる。また、エントロピーパラメータ M は横断面内の最大流速と平均流速の比から算定する。

また、最大エントロピー法の最新手法では最大流速が水面下に現れる velocity dip が生じる場合でも検査線ごとに適切に表面流速係数を算定できるようになっている。

詳しくは、「**7.流量算出**」に記載する。

表 2-15　**最大エントロピー法による断面流速分布の算出イメージ**



＜参考となる資料＞

1)渡辺健，大森嘉郎，藤田一郎，井口真生子 : STIV 法による流量観測の不確かさ評価，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

3. 電波流速計法

3.1 計測原理

＜考え方＞

電波流速計は、ドップラー効果を利用した計測法であり、1 方向の水表面流速を計測する。

この計測法は移動物体に発信体の振動数が反射した時に、移動物体の速度に応じて反射振動数が変化する原理（ドップラー効果の原理）を利用した計測法であり、現在様々な分野で利用されている。

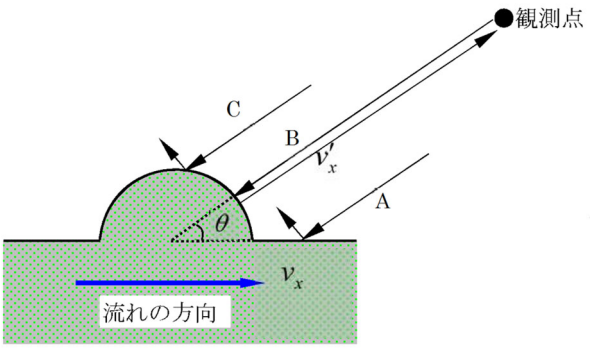
＜標　準＞

電波流速計は水表面流速の 1 方向の成分のみを計測するため、流量観測では流量算出断面に直角の方向の水表面流速を計測することを基本とする。

＜解　説＞

電波流速計法とは、電波流速計から水面に向かって電波を照射し、照射波と水面の凹凸（波）に当たった反射波の周波数の違い(ドップラー効果)から移動体の移動速度を算定する。この際、水面の凹凸（波）の移動速度が水粒子の移動速度と等しいという仮定が存在している。

したがって、波紋が生じていない場合、水面からの反射波が返ってこないため、流速を計測できない。また、低流速よりも高流速の計測を得意とする。



B の反射波のみ観測される

図 3-1　電波流速計の計測原理の概念図

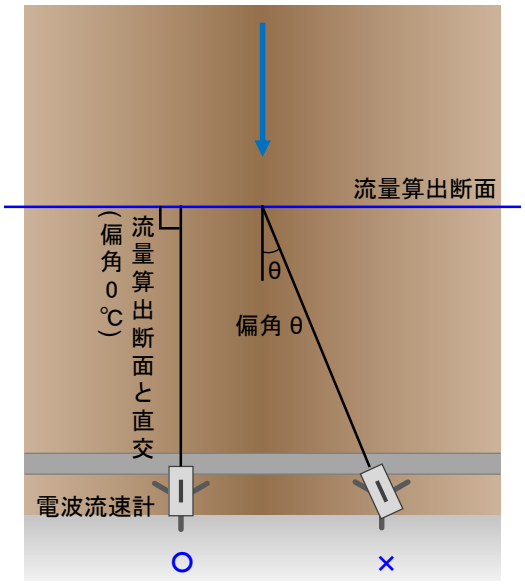
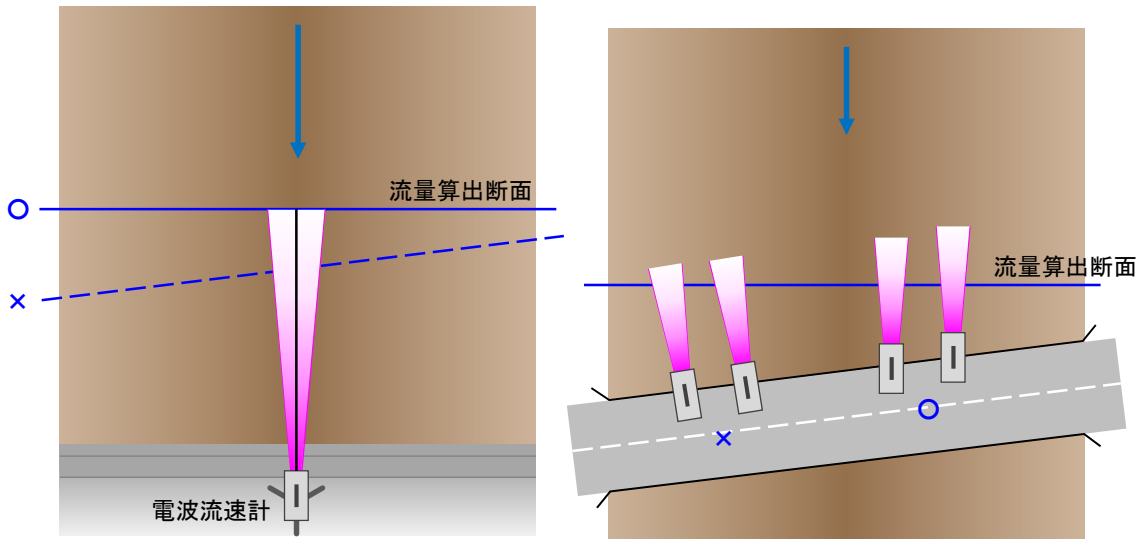
電波流速計は水表面流速の 1 方向の成分のみを計測するため、流量観測では流量算出断面に直角の方向の水表面流速を計測する。流向に対し電波流速計の電波照射方向の角度(偏角)は 0 度、すなわち流量算出断面と直交するように計測することを基本とする（表 3-1 上段)。

具体的には、現場では以下のように対応する。

- 流量算出断面が既に設定されている場合は、その流量算出断面に直角方向の水表面流速を計測する（表 3-1 下段左図)。
- 流量算出断面が設定されていない場合は、①観測所周辺の（特に河川の計画・管理に必要な流量規模の）流況特性を踏まえ、流向に直角の方向に流量算出断面を設定し、②当該断

面の位置を示すために（浮子測法における見通し断面と同様に）横断杭を設置し、③その流量算出断面に直角方向（流向に平行）の水表面流速を電波流速計で計測する（表 3-1 下段右図）。

表 3-1　電波流速計により計測する水表面流速の方向の決め方

電波照射方向の概念図

電波照射方向と流量算出断面の関係


＜参考となる資料＞

1） 電波流速計による洪水流量観測、山口高志・新里邦生、土木学会論文集、No.497、□-28, pp.41-50、1994.

2） ドップラー式非接触型流速計（電波・超音波）を用いた洪水流量の連続観測手法の現地検証～浮子測法との比較～、深見和彦・今井仁紀・田代洋一・児玉勇人・中島洋一・後藤啓介、河川技術論文集、第 14 巻、pp.307-312、2008.

3.2　電波流速計機器

＜考え方＞

電波流速計は、大きく分けて固定式と可搬式の 2 種類がある。

手引き（案）では、以下の設置・観測様式を想定するものとする。

・固定式電波流速計：無人での連続観測が可能であり、連続的な流速計測に用いることを想定する。

・可搬式電波流速計：観測では観測機器の移動を伴い、連続的な流速計測に用いることを想定しない。

（参考）

可搬式の電波流速計は、基本的に機器を持ち運んで移動しながら多地点で観測を行うものであるが、橋梁の歩道高欄等に機器を固定して同一の位置で連続的に観測を行うことも可能である。ただし、長期間の観測には不向きである。

＜例　示＞

令和 4 年 3 月現在、日本国内で市販され、かつ、流量観測用機器として実用例がある固定式電波流速計と可搬式電波流速計の機器仕様の一例を**表 3-2** に示す。なお、本表には近年開発された特定小電力仕様で電波照射出力が大きい機器も紹介した。（従来の固定式観測機器の特定小電力版）

＜参考資料＞

写真 3-1 に示す電波流速計の設置型ロボットは、機器の駆動を司る電動雲台に載せ、遠隔操作により使用者の意図に応じた方向を向けて設置・計測できることが特徴である。設置型ロボットの構成は、電動雲台、河川水表面流速・水位を計測するための電波式流速水位計及びカメラよりなる。さらにビデオカメラの搭載が可能で、電波の照射位置を中心とした流速場や水面波の状況を記録・解析することを意図している。このロボットを使って、澪筋の変化が起きた時に最適な計測地点で高精度の流量値を測定することや、特に災害時等に計測支援を実施することを想定している。

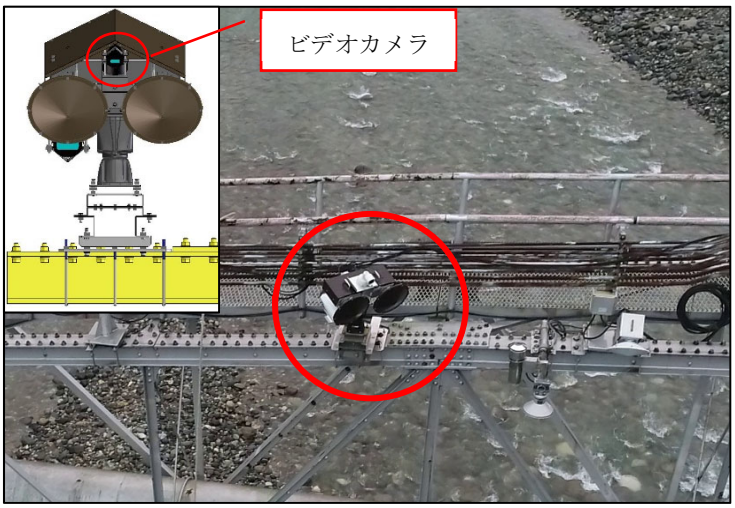
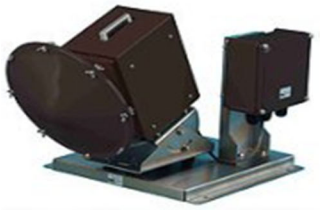
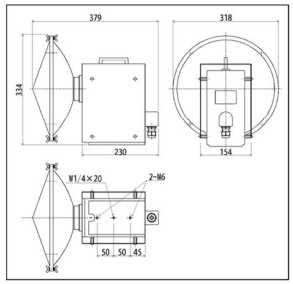
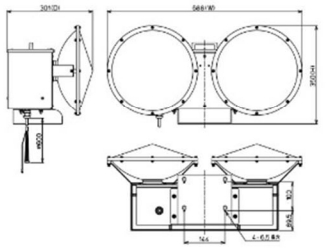
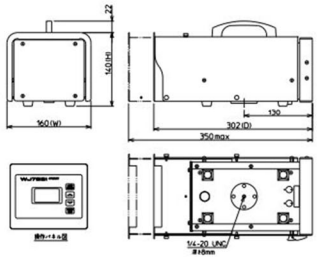
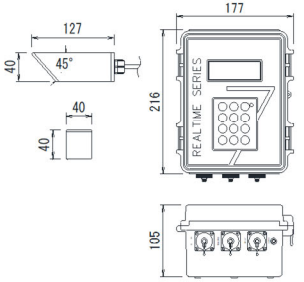


写真 3-1　電波流速計の設置型ロボットの実験のための設置事例

＜参考となる資料＞

萬矢敦啓ら：大規模洪水に適応する水文観測ロボットの開発,土木技術資料 64-11,pp.16～21,2022

表 3-2　電波流速計機器の仕様例

使用形態	固定式（例1）	固定式（例2）	可搬式（例1）	可搬式（例2）
使用電波	NON 10.525 GHz±15 MHz　65 mW±50% （使用にあたっては無線局の免許を受ける必要あり）	F1N 24.15 GHz±100 MHz　20 mW以下 （特定小電力機器のため免許は不要） ※出力の大きい無線局の免許を受ける必要がある機種もある）	NON 24.15GHz　7mW （特定小電力機器のため免許は不要）	24.2GHz　6mW （特定小電力機器のため免許は不要）
計測範囲	0.50 m/s ～ 20.00m/s （水面の状態により異なる）	0.50 m/s ～ 20.00m/s （水面の状態により異なる）	0.50 m/s ～ 20.00m/s （水面の状態により異なる）	0.50～20.0m/s （水面の状態により異なる）
精度	±2%、±0.05m/s	±2%、±0.05m/s	±2%、±0.05m/s	±（計測値の2%＋0.05）m/s
分解能	0.01m/s	0.01m/s	0.01m/s	0.01m/s
設定俯角	20～45度（推奨40度）	20～45度（推奨40度）	20～45度（推奨40度）	俯角 20～45度
計測距離	1～20m（対水面間）	1～30m（対水面間）	1～20m（対水面間）	1～20m（対水面間）
インターフェイス	RS-485	RS-485	USB 2.0（USBメモリー） RS-485（テキストデータ出力）	SDカード、RS232C RS-485（テキストデータ出力）
電源	DC48V、最大0.12A	DC48V、最大0.1A以下	①単三アルカリ電池×6本 ②外部電力：DC10.8～16.5V	12Vバッテリー、ソーラーパネル
外観		 ※水位計併設タイプ		
寸法	 単位：mm	 単位：mm	 単位：mm	 単位：mm

※計測距離については目安であり、現地で事前に確認することが望ましい

3.3　観測位置の選定

＜標　準＞

電波流速計を設置する観測所は、次の各項に挙げる条件をすべて満たす地点を基本とする。

(1)　橋梁等必要な以下の設置諸条件が満足される地点であること。

＜固定式電波流速計＞

- 橋梁高欄部あるいは橋梁底部に機器を設置するものとし、計画規模あるいはそれを超過する洪水においても、電波流速計センサ面が水に浸かることがないこと。
- 橋梁高欄部に設置する場合は、歩道空間に余裕のある場所、歩行者等の通行や橋梁の保守等の作業に影響のないようにすること。

＜可搬式電波流速計＞

- 観測員による移動・操作が必要なため、洪水時に観測員が橋梁に行けること（橋梁周辺での浸水等により観測員が現場に行けないことがない等）
- 橋梁上が水に浸からないで観測が可能であること
- 観測に十分な歩道が確保されていること（観測時には観測員が作業できる歩道幅として最低 50cm～70cm 程度が必要）
- 電波流速計センサ面（電波送受波器）に対して欄干等が障害にならないこと

(2)　電波流速計センサ面からの対水面間距離が機器仕様の範囲内であること。

(3)　電波流速計の電波照射範囲に護岸、岩、河床、樹木やその枝葉等、流水以外がないこと。

(4)　対象洪水時の水表面流速が機器の流速計測範囲内であること。

(5)　河道が湾曲していない地点で、かつ大きく流速の異なる水域がなく、渦を巻くような流れにならない場所であること。

(6)　橋脚の位置及び橋脚により流れに変化が及ぶ位置でないこと。

(7)　水面が波立つ等、電波が確実にセンサに反射され測定できること。

(8)　電波流速計で水表面流速を計測している箇所の横断形状と当該箇所の水位観測値を得られること。

(9)　電波の照射位置の河床に旧橋の基礎等が残る等、河床が極端に凹凸している場所でないこと。

＜解　説＞

(1)　橋梁等必要な設置諸条件

固定式電波流速計は橋梁の桁下に設置される場合があるが、機器の浸水を避けるためには欄干に設置すると良い。（表 3-3）

また、大規模な洪水時には橋梁が浸水等により、観測できない場合がある。こうした橋梁は観測位置として適切でない。（表 3-4）

可搬式電波流速計を使用する場合は、観測員が現地で観測を行うスペースが確保されていることも重要である。

表 3-3　橋梁等必要な設置諸条件に係る事例

<table>
<tr><th>固定式電波流速計の設置事例</th><th>固定式電波流速計の設置事例</th></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td colspan="2">・　固定式電波流速計と合わせ超音波水位計が設置されている事例が多い（左写真）
・　右写真のように橋桁下に設置するのではなく欄干に設置することで、電波流速計センサ面が水に浸かることを防ぐことが可能であり、メンテナンス性も向上する。
・　固定式電波流速計は橋上流部の水表面流速を計測</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>固定式電波流速計の設置事例</th><th>固定式電波流速計の設置事例</th></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td colspan="2">・　DC 電源による固定式観測
・　可搬式電波流速計を使い DC 電源による自記計測観測</td></tr>
</table>

表 3-4　橋梁等必要な設置諸条件に係る事例（1/2）

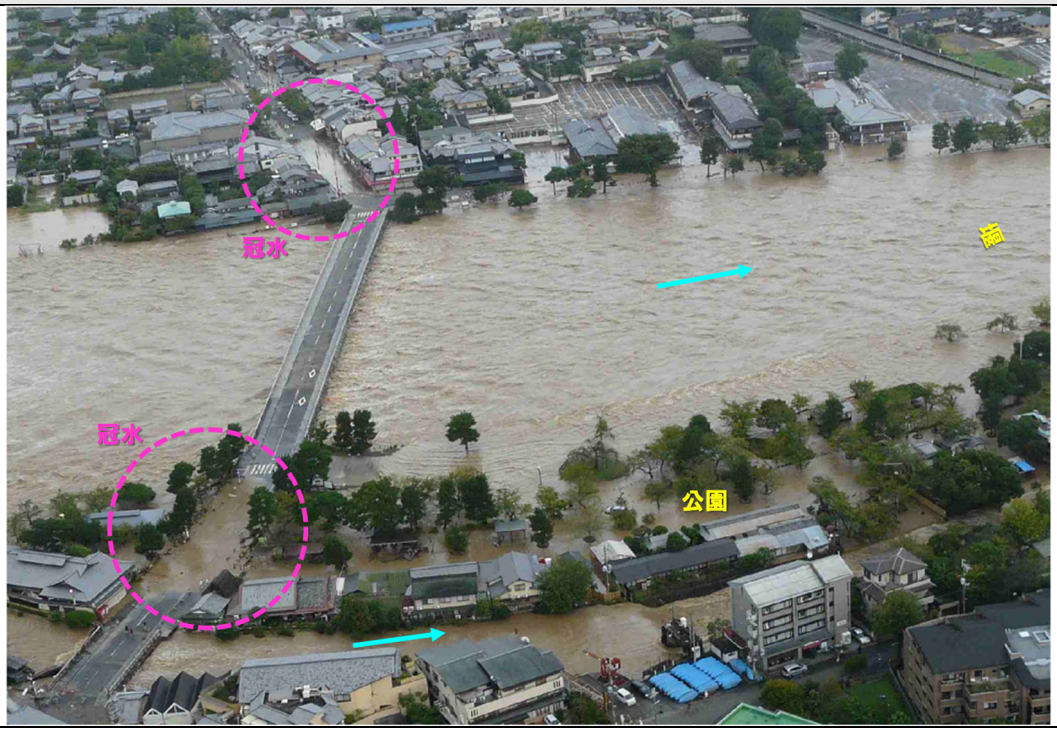
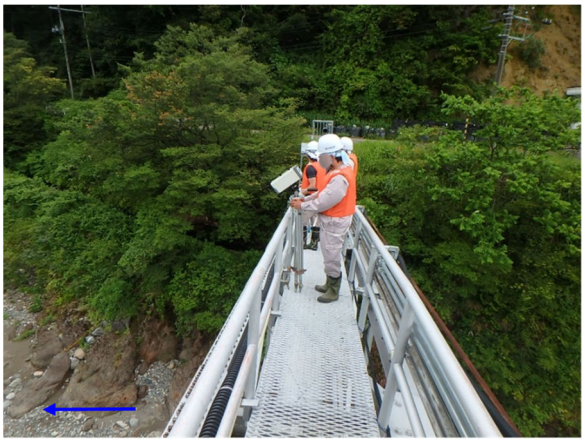
固定式・可搬式電波流速計の設置が難しい事例
対象洪水時に橋桁上が水面に達するような場合は、固定式・可搬式電波流速計ともに観測は不可能
固定式・可搬式電波流速計の設置が難しい事例

対象洪水時に橋梁の両岸通路が冠水しており、橋上に観測員がいくことができないため、可搬式電波流速計による観測は不可能

表 3-4　橋梁等必要な設置諸条件に係る事例（2/2）

河床状態が水表面に大きく影響する事例

・R1.10 台風 19 号の状況。現橋脚に加えて旧橋脚の基礎部が残置され、水表面に大きく影響している。機器の設置位置は、電波の照射位置の河床に旧橋の基礎等が残る等、河床が極端に凹凸している場所でないことが重要である。

表 3-5　可搬式電波流速計による観測事例

A 観測所	B 観測所
C 観測所	**D 観測所**
	

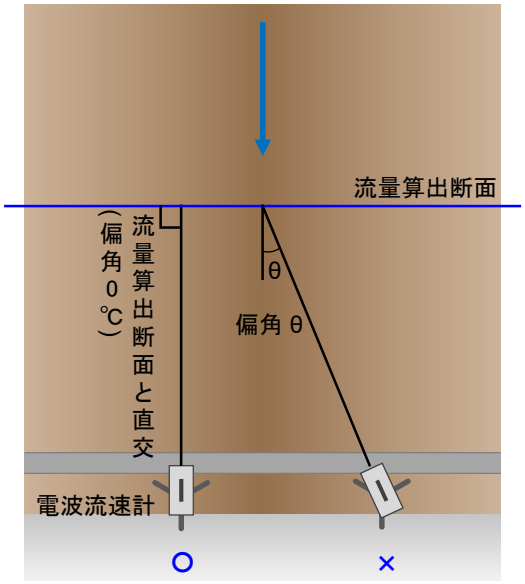
- 観測事例の写真は全て精度検証観測のための観測実施事例であるため、橋下流部の水表面流速を計測していることに注意（精度検証観測では橋梁下流でのみ流速計測可能な ADCP との比較を実施している）
- 通行者と観測員の安全のため、十分な歩道幅（50cm～70cm）のある歩道での観測実施が望ましい
- 可搬式電波流速計は一般的に三脚を用いるため欄干が電波流速計センサ面に干渉しないよう注意
- 欄干の形状によって、欄干に架台を設置することで効率的に観測することも可能

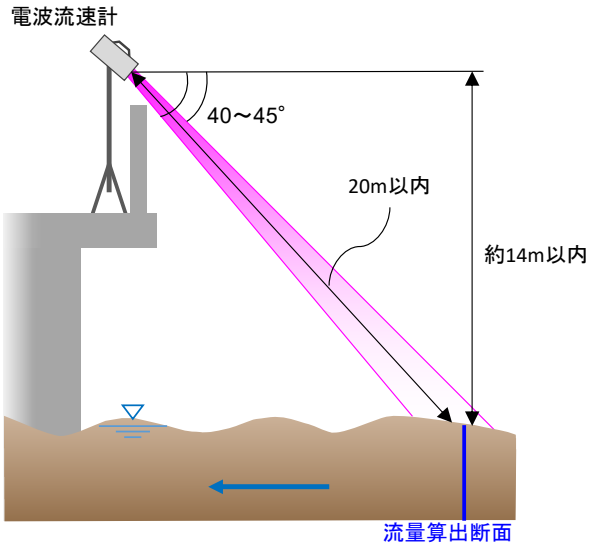
(2)　電波流速計による観測位置

電波流速計は電波のドップラー効果を利用しており、水面との距離が大きい場合、電波の反射強度が低下する。観測精度を確保するため、電波流速計センサ面から水面までの距離は、機器仕様に従い、その範囲内で計測可能な位置に設置する。令和 4 年 3 月現在、多くの実用例がある機器ではセンサからの対水面間距離は 20m 程度が限界となっていたが、センサからの対水面間距離が 30m の電波の照射出力を大きくした特定小電力仕様の機器も開発されている。

観測位置の設定時の具体的な観点としては、橋梁桁高から洪水時の水面までの高さと、橋梁から観測位置までの縦断距離が、図 3-2 のような観点から機器仕様を満たしているか、という点に留意する。

電波流速計の設置偏角は、観測断面に対して直交方向に電波流速計を設置することで最も精度が高い流速値が得られる。





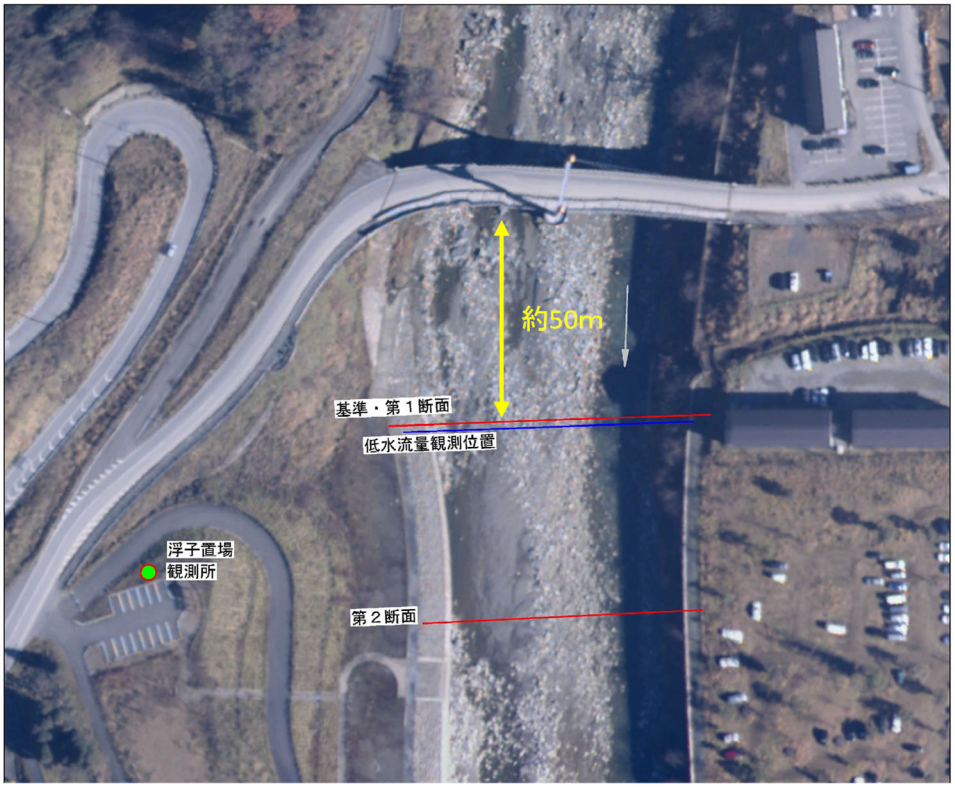
例）対水面間距離 20m 以内の機器

俯角 45 度で設置した場合、電波流速計から水面までの高さは 14m 以内としなければならない。

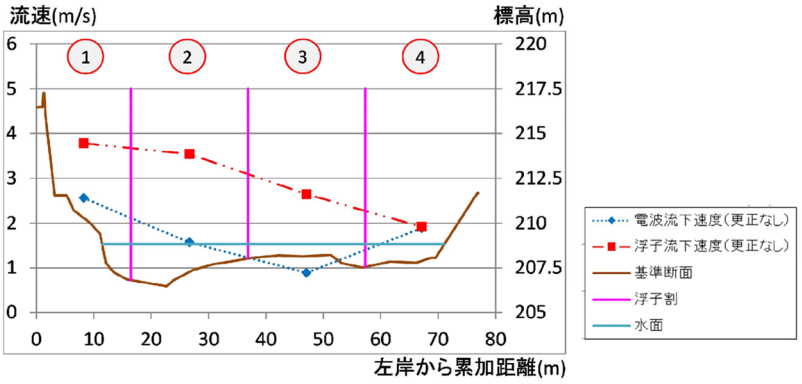
図 3-2　電波流速計の設置方法

図 3-3　対水面間距離が大きい観測事例

観測所断面配置図



電波流速計と浮子の流速横断分布比較



電波流速計による計測流速が浮子流速よりもかなり遅くなっており、電波流速計により適切に流速が計測できていないことが分かる。

(3)　電波流速計の電波照射範囲

電波流速計からのマイクロ波は一定の広がりを持って照射される（図 3-4 図 3-4）。電波の照射範囲に流水以外の護岸、岩、河床（特に低水路際や水面と河床の境界）、樹木やその枝葉などがないような横断位置で測線を設定し、水表面流速を計測すること。

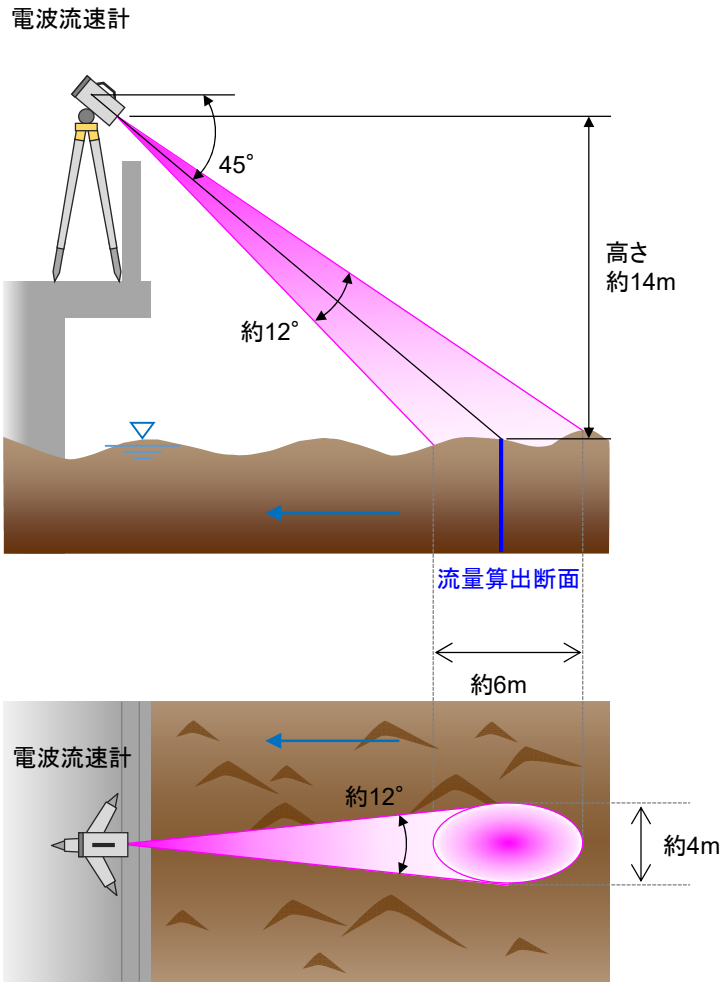


図 3-4　電波流速計の照射範囲の例（電波の広がり：約 12°の機器の場合）

表 3-6　電波照射範囲の例（電波の広がり：約 12°の機器の場合）

高さ（m）	俯角（°）	偏角（°）	照射位置の中心までの縦断距離（m）	照射範囲	
				左右幅（m）	長さ（m）
10	40	0	11.9	3.3	5.2
	45	0	10.0	3.0	4.3
15	40	0	17.9	4.9	7.8
	45	0	15.0	4.5	6.4

機器の設置にあたっては、実用的には、機器の半値角と照射範囲の関係を整理し、照射範囲の観測水面の流れに大きな乱れが発生する位置を避けて俯角を決定することが望ましい。

(4) 電波流速計の水表面流速の計測範囲

電波流速計各機器には計測可能な流速の範囲（限界）があり、水表面流速が計測流速範囲を超過する場合は固定式、可搬式ともに計測は困難である。

また、電波流速計の計測範囲は水表面の状態により、計測範囲内の流速でも正確に計測できない場合がある。例えば、水表面流速が計測範囲内の流速でも水面が滑らかな場合は観測できないため、電波流速計の使用にあたっては、事前に観測対象箇所の水面状況を既往洪水時の写真や CCTV カメラの画像等で確認することが望ましい。

(5) 観測位置の流況

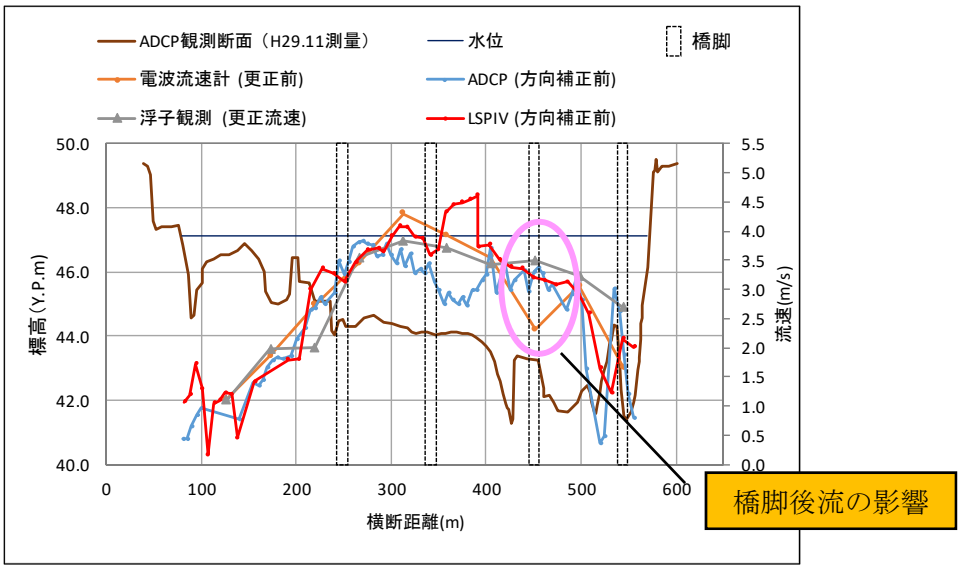
電波流速計は、機器に平行な方向の流速しか計測できないため、横方向の流れがある場合、正確な流速が計測できない。このため、電波流速計により観測する場合、河道が湾曲している地点は避け、大きく流速の異なる水域がなく、渦を巻くような流れがない直線的な流れの場所を選定する。

(6) 電波流速計の電波照射方向（上下流方向）

橋脚後流などの渦を巻くような流れや湾曲部のような偏流が生じている場所では、観測には不向きである。

設置位置は河道形状による洪水流の乱れ、橋脚やその他構造物の影響等による乱れを受けない方向に設置する。また維持管理、補修等を踏まえて設置する。

表 3-7　橋脚後流の影響を受けている橋梁下流での観測流速例

流速横断分布図

評価
可搬式電波流速計による計測流速では、橋脚後流の影響を受け流速が低減・増加している箇所の流速を計測できていないため、流量を適切に算出できない恐れがある。

(7)　電波照射位置の水面の状況

電波流速計はセンサ（電波送受波器）から発射された電波が水面で反射する際にその周波数が変化するドップラー効果を利用して流水表面の流速を測定している（「**3.1　計測原理**」）。水面が鏡面のように滑らかな場合には電波が十分に反射されないため、ある程度水面に凸凹が生じている必要がある。このため、電波流速計を用いて水表面流速を計測する場合は、観測対象流量時の水面状況を、事前に、既往流量観測時の写真等で確認する必要がある。

写真 3-2　水面が鏡面状態で電波流速計観測に向かない例

(8)　電波流速計計測断面の横断形状と水位の取得

流量を算出するためには、固定式あるいは可搬式に係わらず、電波流速計で水表面流速を計測している流量算出断面の横断形状と水位を取得する必要がある。詳細は「**3.6　横断面測定**」「**3.7　水位観測**」にて記述する。

＜例　示＞

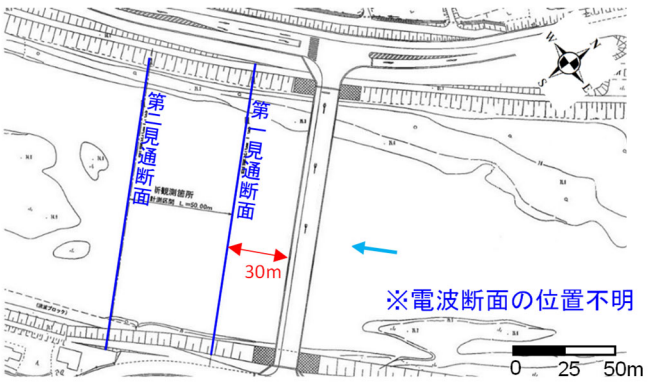
以下の例のように、橋梁近傍に基準断面、第 1 見通し・第 2 見通し断面がある場合でも、機器仕様の範囲内で計測できない場合は別途、電波流速計計測断面を設定し、横断形状と水位を取得しなければならない。

＜解　説＞

浮子観測の見通し断面は一般的に、浮子投下位置から 30m 以上の助走区間を設けているため、令和 4 年 3 月現在ほとんどの観測で使用されている電波流速計の機器仕様（対水面間距離 20m 以内）を満たさない。俯角が浅い、あるいは水面までの距離が遠いほど外的要因の影響を受けやすいことが言われており、可能な限り電波流速計計測断面を橋梁近傍に設定し、俯角を深く（40°～45°）して観測することが望ましい。

原則、電波流速計計測断面を別途設定し水位観測、横断面形状の測量を実施するものとする。

表 3-8　浮子第 1 見通し断面を電波流速計計測断面として設定している例

観測所断面配置図			
			
俯角	20°	**計測範囲（機器仕様）**	対水面間距離 20m
評価・考察			
・　上記観測所では電波流速計計測断面を浮子観測の第 1 見通し断面としているため、観測俯角が 20 度と浅くなり、対水面距離も機器仕様である 20m を超えている ・　橋梁近傍に別途電波流速計計測断面を設定することが望ましい			

＜参考となる資料＞

1）　共同研究「非接触型流速計測法の開発」　平成 13 年度共同研究報告書（案）、独立行政法人土木研究所・財団法人土木研究センター・アジア航測株式会社・小糸工業株式会社・株式会社拓和・株式会社東京建設コンサルタント・横河電子機器株式会社、2002.

3.4　観測方法

3.4.1　観測条件

＜必　須＞

電波流速計は水表面流速を観測しているため、風の影響を受ける。同時に「**5.　風の観測**」に従った風向風速観測を実施しなければならない。

＜標　準＞

電波流速計による水表面流速の観測は、原則、機器仕様に従い、その範囲内で行うものとする。基本的には以下の観測方法による。

(1)　固定式電波流速計と可搬式電波流速計ともに、電波流速計センサ面（電波送受波器）を流量算出断面に対して直交方向に向けて設置することを基本とし、電波流速計センサ面（電波送受波器）の俯角を水平方向に対し 40～45°程度とする。ただし、観測場所の状況によりそれが難しい場合、機器仕様に従い偏角、俯角を調整する。

(2)　電波流速計で水表面流速を計測する測線配置は、以下に則る。

- 可搬式電波流速計は、浮子測法の標準法と同様とする。ただし、水位上昇速度に対し流速計測時間が多くかかる不適切な場合は、やむを得ず流量観測を緊急かつ迅速に行わなければならない場合の最小浮子流速測線数と同様とする。
- 固定式電波流速計は、経済性を考慮し、原則、やむを得ず流量観測を緊急かつ迅速に行わなければならない場合の最小浮子流速測線数と同様とする。ただし、最小浮子流速測線は 3 測線以上確保するものとする。

(3)　電波流速計センサ面（電波送受波器）に雨滴が付着するほどの豪雨時は、センサ面に雨滴が付着しないような工夫をする。

(4)　電波流速計で水表面流速を計測する時間間隔は、原則、以下に則る。

- 固定式電波流速計、可搬式電波流速計ともに、最も短い計測時間間隔で 1 測線につき 60 秒以上
- 計測値は瞬間値での出力とする（最短計測時間間隔で移動平均値を出力しないよう計測機器の設定等に注意する）

＜解　説＞

(1)　電波流速計の設置角

電波流速計の偏角は、電波流速計が平行な方向の流速しか計測できないという電波流速計の計測原理から、流向に対し偏角 0 度（流量算出断面と直交方向）を標準とする。

流下方向に対して斜めに計測した場合、表 3-9 のように異常な流速が計測されてしまう。

電波流速計の俯角は、40～45 度を標準とする。

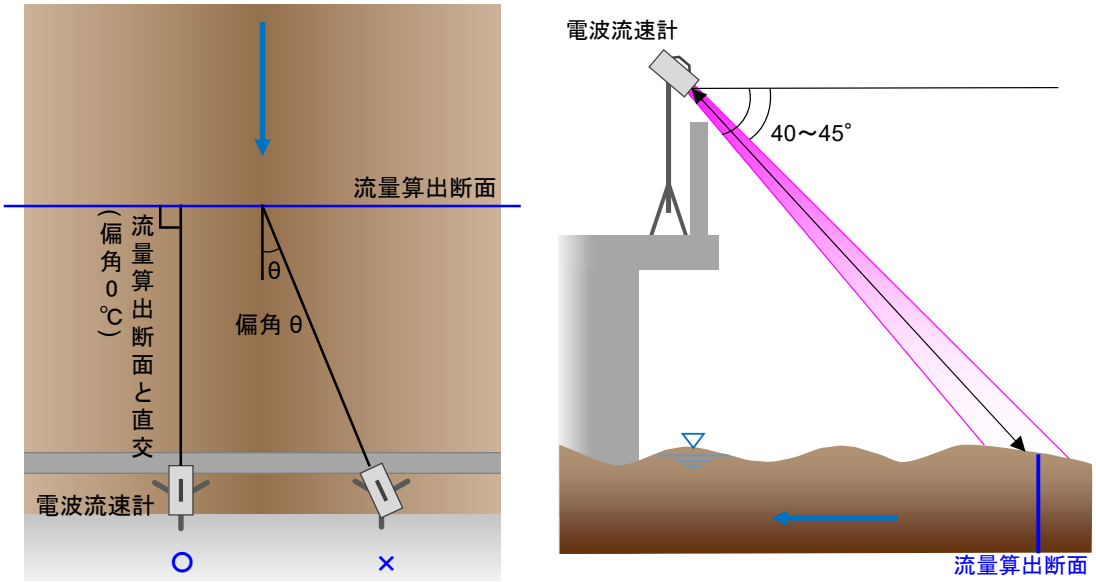
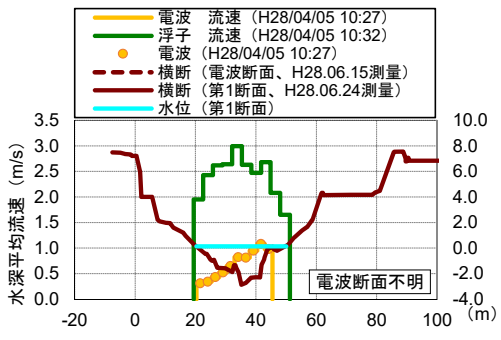
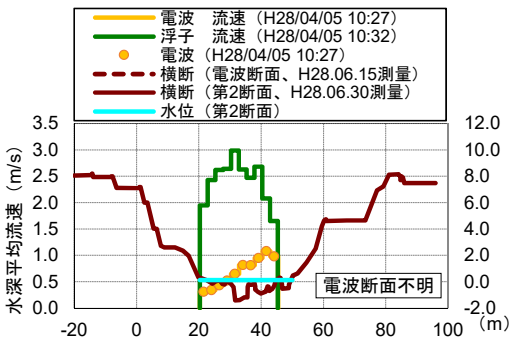


図 3-5　偏角・俯角の標準的な設定

表 3-9　観測方法が適切でない（偏角が大きい）事例

観測状況写真					
	第一断面		第二断面		
H28/4/5 10:32					
浮子流量（m^3/s）	85.65	電波流量（m^3/s）	28.96	誤差（%）	66.19
評価・考察					
・　河岸から可搬式電波流速計で計測している ・　偏角が大きいため流下方向流速が計測できておらず、計測流速は浮子観測と比較してかなり小さくなっている					

ただし、図 3-6、表 3-10 の例のように斜橋において電波流速計により観測を実施する場合には、流量算出断面を流向に対し直角に設定する必要があることから、電波流速計の俯角を調整する必要が生じる。

一方で**図 3-6** に示すとおり、斜橋上で測線位置を変えて俯角を調整した場合、各測線の水面までの距離が変化し、センサから水面までの距離が観測機器の仕様外になることがある。また、俯角が浅く水面までの距離が遠い場合、機器（電波照射半値角）によっては広範囲の水面の反射を計測し精度低下が懸念される。降雨などの外的影響も受けやすくなる。そのため観測にあたっては水位の変動（～H.W.L）による俯角とセンサから水面までの距離の関係を整理し、機器仕様に合致するように設置する必要がある。

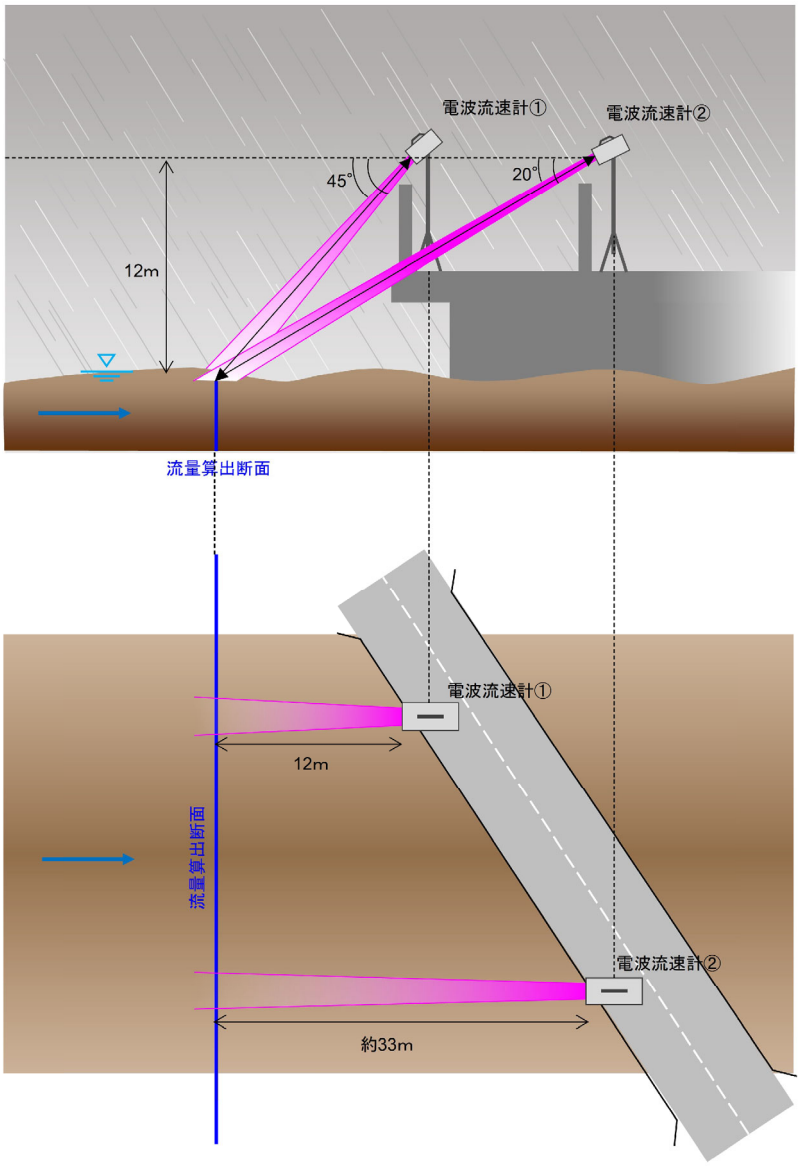
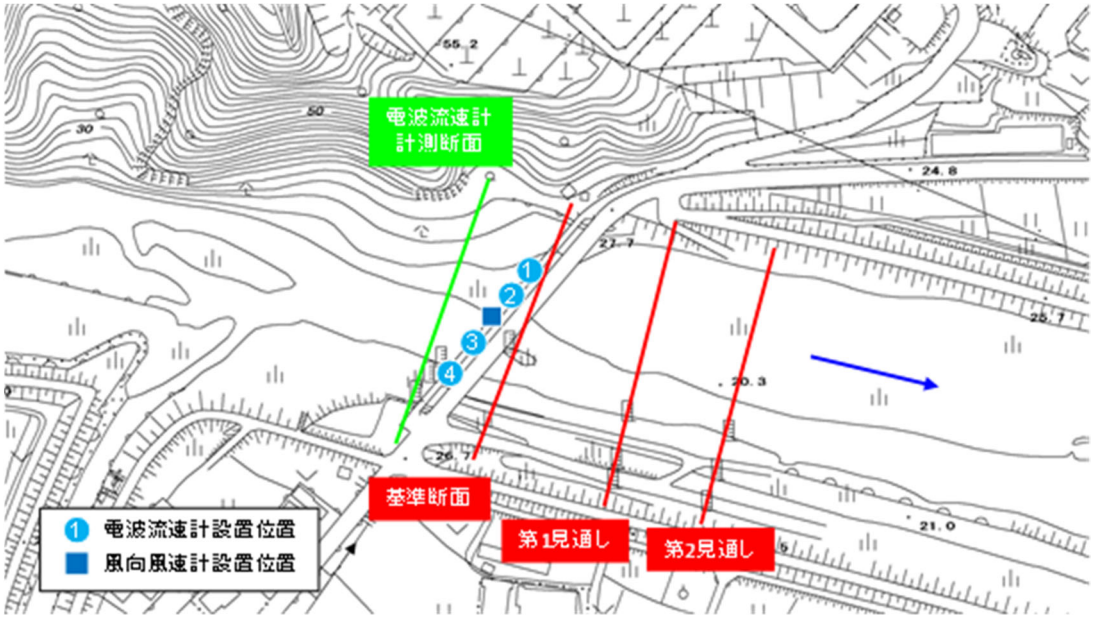


図 3-6　斜橋における観測のイメージ図

表 3-10　電波流速計により計測する水表面流速の方向の決め方の事例

観測所周辺図



測線 1（電波流速計の俯角：20 度）	測線 2（電波流速計の俯角：25 度）
測線 3（電波流速計の俯角：32 度）	測線 4（電波流速計の俯角：45 度）

【良い点】　・河道特性を考慮し流向に対し垂直になるよう流量観測断面を設置する（表 3-1）

・上写真のように橋が斜めになっている（表 3-1 下段右図）は電波流速計の俯角を調整

【留意事項】・俯角は 40 度から 45 度が望ましいが右岸ほど俯角が浅い（計測不確実性・流速誤差の要因）

・機器センサから水面距離は 20m 以内だが左岸ほど距離が長い（計測不確実性の要因）

(2) 測線配置

電波流速計の測線配置については、『河川砂防技術基準　調査編　令和 4 年 6 月版』に以下のような記載がある。

4.8.2　電波流速計の設置及び付帯施設

＜標　準＞

> *（前略）測線の設置に当たっては、橋上操作艇に搭載した ADCP や浮子測法等による現地観測結果等により、洪水時の横断方向流速分布を事前に把握した上で、それぞれの区分流量がほぼ均一になるように設定する。必要測線数は、浮子測法の基準に準じる（4.6.3 参照）。（後略）*

これより、可搬式電波流速計については、水面幅に応じて浮子測法の標準法（**表 3-11**）の測線数以上を確保することとする。ただし、急激な増減水がある場合には、やむを得ず流量観測を緊急かつ迅速に行わなければならない場合の最小浮子流速測線数（**表 3-12**）を下限数とする。測線の配置についても浮子測法と同様に、観測誤差をできるだけ小さくするような配置とする。

一方で、固定式電波流速計は、浮子測法の標準法と同数の測線に機器を設置することは経済性の面から困難であり、また固定式電波流速計を密に設置すると電波の干渉により観測が不能となる場合があることから、やむを得ず流量観測を緊急かつ迅速に行わなければならない場合の最小浮子流速測線数を標準とする。最小浮子流速測線は、水理計算等によって浮子観測結果の再現性が高い観測点の位置を検討することが望ましい。ただし、出水によって河道が大きく変化した場合は、流心の位置も変化する可能性があり、このような場合には観測位置の再設定を行うことも必要である。

表 3-11　水面幅に対応した浮子流速測線の目標数

水面幅	*20m 未満*	*20～100m 未満*	*100～200m 未満*	*200m 以上*
浮子流速測線数	*5*	*10*	*15*	*20*

浮子流速測線数の出典：水位及び流量調査作業規程準則（昭和 29 年 10 月 9 日総理府令第 75 号）

表 3-12　やむを得ず流量観測を緊急かつ迅速に行わなければならない場合の水面幅と最小浮子流速測線数の関係

水面幅	*50m 未満*	*50～100m 未満*	*100～200m 未満*	*200～400m 未満*	*400～800m 未満*	*800m 以上*
浮子流速測線数	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*

浮子流速測線数の出典：水位及び流量調査作業規程準則（昭和 29 年 10 月 9 日総理府令第 75 号）

(3) 雨滴からのセンサ面保護

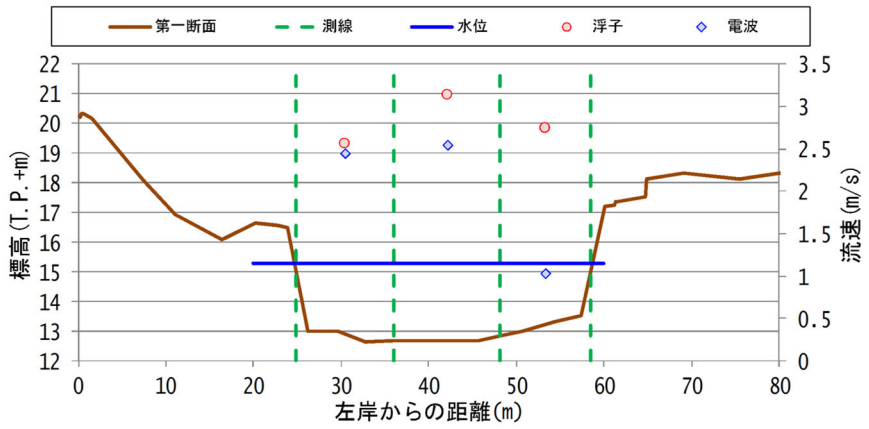
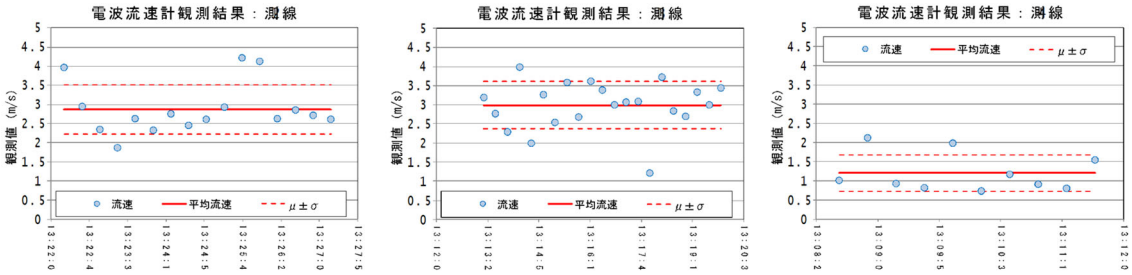
センサ面への雨滴の付着が目立つような豪雨時には、電波を遮蔽しない程度のカバーを掛ける等の工夫が必要である。

(4) 計測時間間隔

電波流速計で計測した水表面流速には、水面の状態、降雨などの外乱要因によって異常値・ノイズが混ざることがある。この場合、異常値等を除く処理を行う必要があるが、データ記録時に平均化処理を行ってしまうと異常値の除去処理ができない。このため、原則、最も短い計測時間間隔（1 秒間隔を標準）でデータを記録する。

また、河川の流速変動には一定の周期性があり、流量算出のためにはできる限りその周期を包絡する時間で計測を実施し平均的な流速を求める必要がある。このため、計測時間は 1 測線につき 60 秒以上計測を行い、その平均値を該当測線の流速値とする。

表 3-13　20 秒間隔での観測事例

観測日時	平成 28 年 8 月 22 日	水位	2.3m（T.P.15.3m）
	第一断面		
H28/8/22 13：05			
測線ごとの水表面流速結果			
			

・　計測値のばらつきが大きい

・　20 秒平均値での計測であるため適切な異常値処理ができず、浮子観測との流速横断分布の乖離が大きくなっている

(5)　風向風速観測

電波流速計では水表面流速を計測するため、流量観測と同時に風向風速観測を実施する。詳しい観測方法等については「5. **風の観測**」に記載する。

＜参考となる資料＞

1)　共同研究「非接触型流速計測法の開発」　平成 13 年度共同研究報告書（案）、独立行政法人土木研究所・財団法人土木研究センター・アジア航測株式会社・小糸工業株式会社・株式会社拓和・株式会社東京建設コンサルタント・横河電子機器株式会社、2002.

3.4.2　班の編成

＜標　準＞

可搬式電波流速計を用いる場合のみ観測班が必要である。 観測班の編成は、下記の構成を基本とする。 班長　　1 名 電波流速計員　　1 名 （水位員　　1 名） （風向風速員　　1 名） その他　　若干名

＜解　説＞

(1)　業務の分担

業務の分担は以下のとおりである。

班長　　：観測及び安全に関する事項の指揮統括を行う。電波流速計による水表面流速計測の判断・指示を班員に徹底させる。計測値、観測流量値の確認を行う。

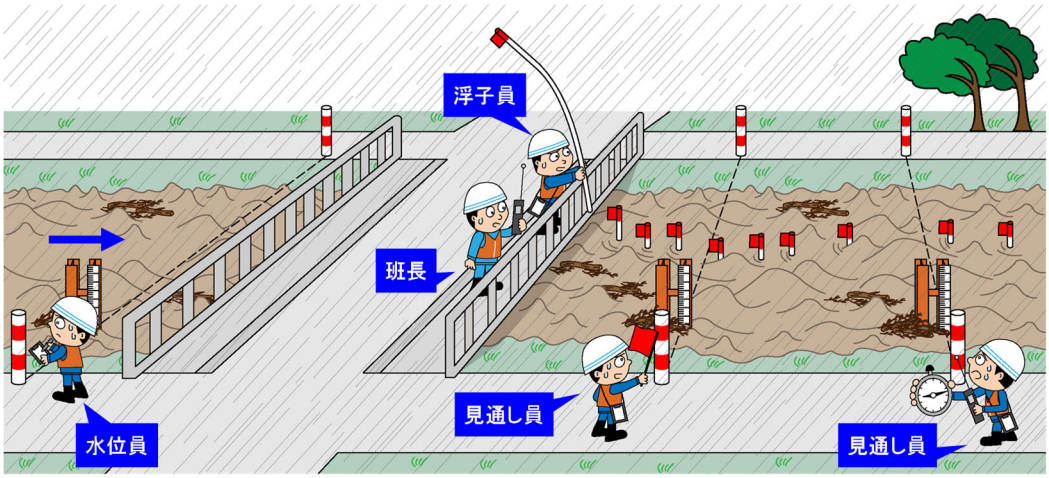
電波流速計員：可搬式電波流速計による水表面流速を行い、所定の記録すべき事項を野帳に記載する。記録すべき事項は「8. **観測データの記録**」を参照する。併せて、風向風速観測を行う。

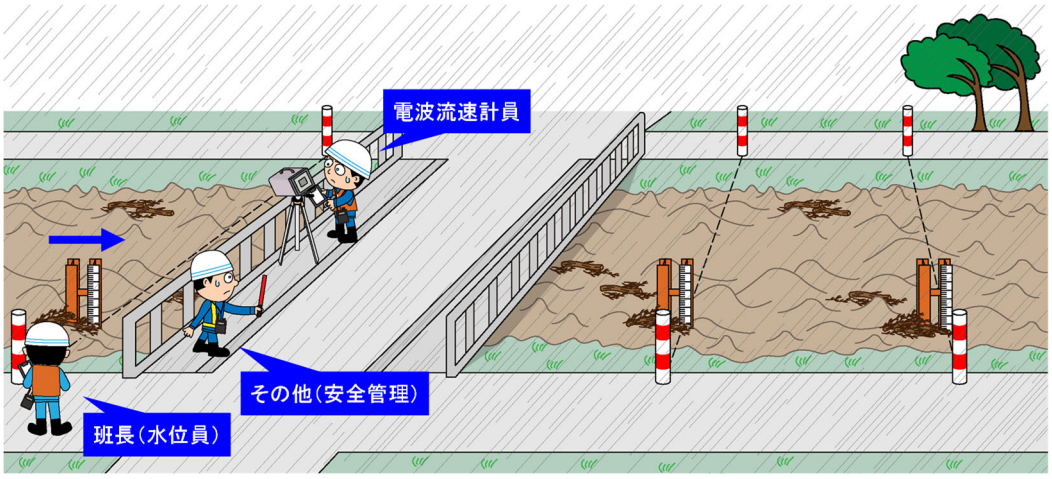
（水位員）　：流量算出断面の水位を測定し、野帳に記入する。水位員は、班長が兼ねることがある。

（風向風速員）：流量観測と同時に風向風速観測を実施し、必要に応じて観測値を記録する。風向風速員は班長が兼ねることがある。

その他　　：観測所の状況に応じて、電波流速計の運搬、野帳の記入、安全管理、その他連絡等を行う。

表 3-14　浮子と可搬式電波流速による高水流量観測員の配置

<table>
<tr><th>手法</th><th>概念図</th></tr>
<tr><td>浮子測法</td><td> 

<table>
<tr><td>標準的な構成員・人数</td><td>班長</td><td>浮子員</td><td>見通し員</td><td>水位員</td><td>その他</td></tr>
<tr><td>1 班 5 名</td><td>1 名</td><td>1～3 名</td><td>2 名</td><td>1 名</td><td>若干名</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>可搬式電波流速計</td><td> 

<table>
<tr><td>標準的な構成員・人数</td><td>班長</td><td>電波流速計員</td><td>見通し員</td><td>水位員・風向風速員</td><td>その他</td></tr>
<tr><td>1 班 2 名</td><td>1 名</td><td>1 名</td><td>－</td><td>（1 名）</td><td>若干名</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

(2)　班編成の留意事項

班編成で留意すべきことは次のとおりである。

a)　班長は観測所及び観測業務を熟知し、地形、気象、洪水等の特徴を把握して全体の状況判断を適切にできる人とする。

b)　電波流速計員は、班長に次ぐ技術や知識があり、習熟した人が担当する。

c)　観測が長時間に及ぶことが予想されるときは、交替要員を待機させておかなければならない。

3.4.3 器材の準備

＜標　準＞

【固定式電波流速計】

観測員による観測ではないため観測時に器材を準備することはない。

【可搬式電波流速計】

次の必要な資器材及びその他必要と思われる物品を準備する。

- 可搬式電波流速計
- 可搬式電波流速計の電源（電池等）
- 記録媒体
- 三脚や固定用金具
- 風向風速計
- 時計（デジタル式・電波時計が望ましい）
- 野帳
- 筆記具
- カメラ
- ラジオ・携帯電話
- 照明器具
- ヘルメット・救命胴衣（ライフジャケット）
- 非常食、雨具・雑巾、等

＜解　説＞

(1) 可搬式電波流速計とその電源

計測機器を用いた観測では機器が正常に動作しない場合、観測自体が不可能となる。

このため、観測時に持参する必要のある可搬式電波流速計は、「**11. 保守点検**」で示すように、観測前に動作確認をすることが望ましい。併せて、電源（例えば、電池等）の残量を確認し観測中に電源が切れないように十分に留意する。

(2) 三脚や固定用金具

使用する三脚や固定用金具は十分な堅牢性・安定性を有するものとする。

(3) 風向風速計

電波流速計は水表面流速を計測しており、水表面流速は風の影響を受けるため、補正のための風向風速計測を実施する必要がある。

風の観測については「**5. 風の観測**」に詳細を記載する。

(4) 時計

観測に係わる時刻は全て日本標準時を基準とする。日本標準時は一般的には時報（NTT の 117 番）に用いられている時刻である。併せて、「**8. 観測データの記録**」に示すように、観測時刻は「秒」単位まで記録する。

このため、自動的に日本標準時にセットできる電波時計、かつ、アナログ式よりも読み誤りのないデジタル式時計がより望ましい。

(5) 野帳・筆記用具

流量観測野帳（可搬式電波流速計）を使用すると便利である。降雨時には野帳が濡れて記入しにくいため、耐水紙を用いることが望ましい。

(6) カメラ

「8. **観測データの記録**」に示すように、観測状況、洪水状況、電波流速計で計測している水面の流況を記録しておくために必要である。アナログカメラの場合はフィルム等の予備を、デジタルカメラの場合は電源（バッテリー等）やメモリーの予備を必ず準備する。

(7) ラジオ・携帯電話

時報による時刻の確認および気象、洪水の情報収集に必要である。実際にはラジオよりもスマートフォンが望ましい。

洪水の情報収集としては、国土交通省の「川の防災情報」が有効である。また、台風の進路予報では気象庁が公開している情報が有効である。

※下記の URL は今後変更になる可能性がある。

■川の防災情報の URL：
https://www.river.go.jp

■気象庁の URL：
https://www.jma.go.jp

(8) 照明器具

照明器具は、観測要員用、交通安全用、野帳等への記載用等のものである。

(9) ヘルメット・救命胴衣（ライフジャケット）

高水流量観測時の安全を確保するため、着用は必須である。

(10) 非常食

長時間の観測に備えて非常食を用意する。

(11) 雨具・雑巾

可搬式電波流速計による観測を豪雨の中で実施する場合、電波流速計センサ面に雨滴が付着し、精度良く水表面流速の計測ができなくなる場合がある。このため、汚れていない乾いた雑巾を数枚用意することが望ましい。

3.4.4　固定式電波流速計

＜標　準＞

固定式電波流速計は、恒常設置による自動連続観測が可能である。「**3.3　観測位置の選定**」に記載した内容以外に、以下の条件を満たすことを標準とする。

(1)　周辺設備として、電源を確保できる地点

(2)　固定式電波流速計を設置する橋桁の振動が極力少ない地点

(3)　保守点検用足場、観測局舎、振動対策設備等を設置場所の状況に応じて設置可能である地点

＜解　説＞

固定式電波流速計による自動流量観測を行う場合、基本的に横断方向に複数台設置する必要がある。その際の観測の安定性確実性の確保、データの保管、保守点検を考慮して周辺設備を設置する必要があることを考慮して選定を行う。

また、周辺設備としては、以下の設備が必要である。

・電源
・保守点検用足場
・観測局舎
・振動対策設備

＜推　奨＞

固定式電波流速計は、恒常設置による自動連続観測が可能であり、原則として出水中に現地に観測員の出動が不要である。

しかし、固定式電波流速計はそれ自体の計測値などから現地流況を把握することが困難なため、計測値の適切な採用／棄却ができず流量観測精度の低下を招く可能性がある。安全に現地に到達でき、現地作業可能な場合に限って、電波照射位置の写真撮影等を実施し現地状況を把握するため、観測員 2 名程度を出動することが望ましい。

＜参考となる資料＞

1)　共同研究「非接触型流速計測法の開発」　平成 13 年度共同研究報告書（案)、独立行政法人土木研究所・財団法人土木研究センター・アジア航測株式会社・小糸工業株式会社・株式会社拓和・株式会社東京建設コンサルタント・横河電子機器株式会社、2002.

3.4.5　可搬式電波流速計

＜標　準＞

■設置条件

可搬式電波流速計による水表面流速観測を実施する場合には、「3.3　**観測位置の選定**」に記載した内容以外に、以下の設置条件を満たすことを標準とする。

・　洪水の水位上昇期から下降期にかけて観測員がアクセスできる地点

・　観測員が洪水時でも安全に移動・観測が可能な橋梁等の横断構造物がある地点

■観測手順

可搬式電波流速計による水表面流速観測は、原則、以下の実施手順による。

（1）　三脚等に固定した可搬式電波流速計を、安定した場所に設置する。橋の欄干を利用する場合は、しっかりと固定する。

（2）　適切な俯角に設定し、モニターに表示される流速値が安定するまで数秒～数十秒間安置する。

（3）　表示される流速が安定したら、流速計測を開始する。

（4）　次の測線へ移動し、（1）～（3）の同様の手順で計測する。

また、電波流速計の各測線（電波照射位置）のピーク水位時の流況写真あるいは映像を記録することを標準とする。（各観測回での記録を推奨する。）

＜推　奨＞

観測時に降雨が強い場合は、降雨の影響により異常値が生じる場合があるため、雨滴対策用の照射面保護カバーを付けることが望ましい。

＜解　説＞

(1)　設置条件

可搬式電波流速計は、観測員が横断方向に移動しながら複数測線で計測を実施する。浮子と同様に観測員が現場で観測を行う必要があることを考慮する必要がある。

このため、可搬式電波流速計による観測では、観測位置は観測員がアクセスできる位置にある必要がある。出水時の出動指示から急激な流量増に対してもピーク時の観測が可能な地点であることが望ましい。

また、河川水位が計画高水位に達した場合でも観測員が安全に通行可能な歩道がある橋梁等の横断構造物が必要である。橋梁には幅員が十分確保された歩道があることが望ましい。

ただし、可搬式電波流速計は電源として電池を使用、データ記録装置は内蔵されているため、固定式電波流速計のような周辺設備は不要である。

(2)　観測手順

可搬式電波流速計は基本的に三脚に固定する、あるいは橋の欄干に固定し、測線を移動しながら計測する。移動させた際には、すぐに流速計測を開始せず、計測流速値が安定するまで安置してから計測を開始しなければならない点に注意する。

(3)　観測地点の流況写真あるいは映像の記録

計測流速に異常値等が生じた際や照査時に、適切にデータの棄却等を行うため、観測時の電波照射位置の流況写真あるいは映像を記録する。ピーク水位時に記録することを標準とするが、可能な限り観測回毎で記録することを推奨する。

(4)　照射面保護カバー

観測時の降雨が強い場合、降雨の影響と考えられる異常値が生じることがあるため、写真 3-3 に示すような、保護カバーを取り付けることが望ましい。

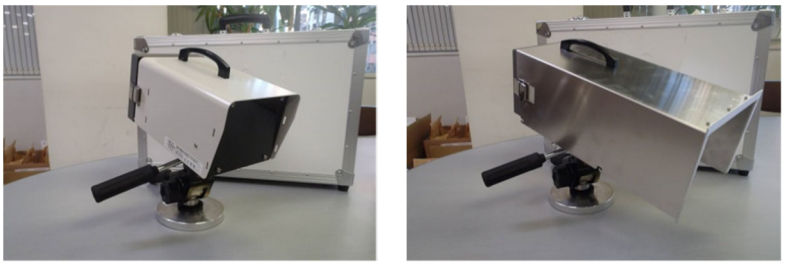


写真 3-3　照射面保護カバーの取り付け例（左：取り付け前、右：取り付け後）

＜例　示＞

可搬式電波流速計により観測する場合には、機器に小型カメラ等を装着することで取り忘れなく、水面の状況の記録が可能である。

＜解　説＞

可搬式電波流速計機器自体に写真 3-3 のような小型カメラを装着することで、写真や映像を撮る作業が軽減され、取り忘れをなくすことができるため、現場状況に応じてこうした機器を適切に利用する事が望ましい。また、偏流が起きる可能性があるところでは、参考にトレイルカメラ、スマートフォン等の簡易カメラによりカメラのアングルデータを計測し PIV 解析を別途実施することで流向の検証を行うことも有効である。

写真 3-4　小型カメラの装着例

3.5　流速算出

＜標　準＞

電波流速計で計測した水表面流速は異常値の除去及び平均化処理を行う。

観測機器によっては機能として平均値を算出する機能がある場合があるが、異常値を除去しない単純平均である場合があるため注意が必要である。そのため記録した観測データは事務所に持ち帰り、後日異常値の除去及び平均化処理を行うものとする。

＜推　奨＞

電波流速計で計測した水表面流速の算出は、以下の手法を用いても良い。

(1)　最短時間間隔（1 秒を標準）で 1 測線につき 60 秒以上計測した観測値を時系列グラフに整理し、機器仕様の計測範囲外である観測値を棄却し、単純平均値と標準偏差（1σ）を算出する。

(2)　単純平均値との差が標準偏差（1σ）以上の観測値は除外し、再度、単純平均値を算出する。

(3)　この単純平均値をその測線の水表面流速とする。

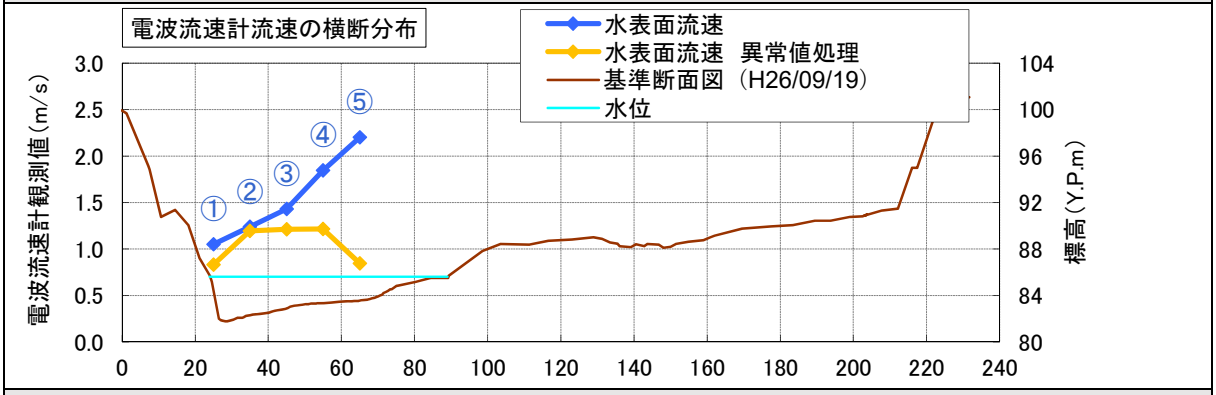
＜解　説＞

可搬式電波流速計で計測した水表面流速には、水面の状態、降雨状況などの外乱要因によって異常値・ノイズが混ざることがあるため、観測値の標準偏差を閾値とした異常値の除去を行う。異常値を含む観測値の例として表 3-15 があり、これを単純平均した場合、異常値処理をした正しい流速と誤差が生じる。

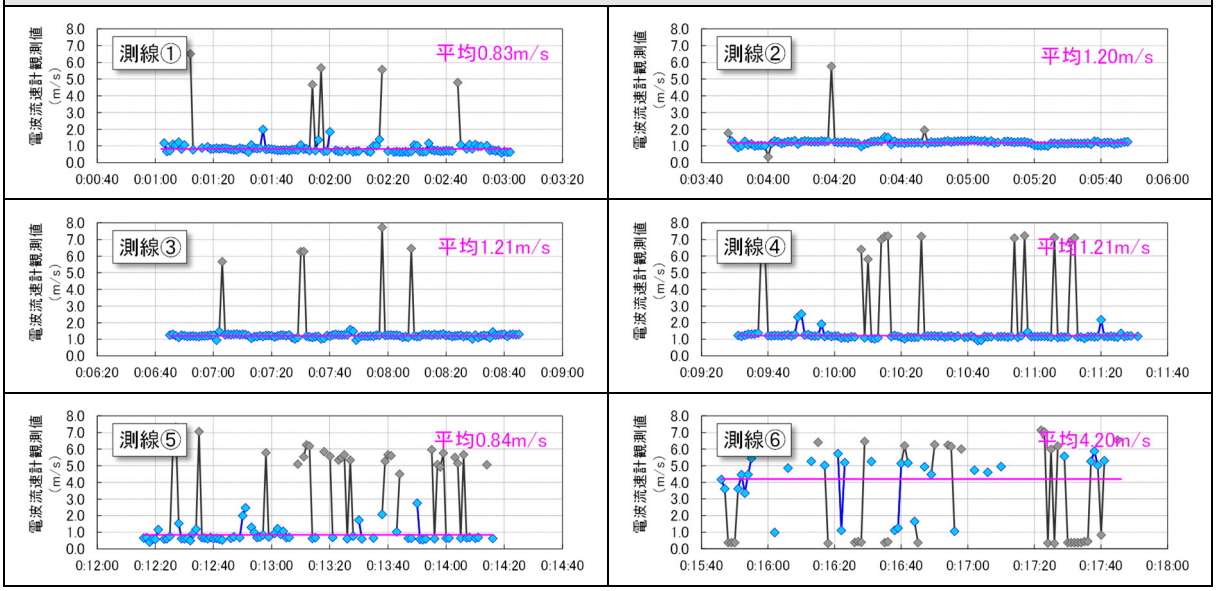
また、令和 4 年 3 月時点で多くの観測で使用実績がある観測機器では、機器仕様の計測範囲外の観測値は異常値である可能性が高いことから、まず機器仕様の計測範囲外の観測値を棄却し、棄却後の観測値に対して標準偏差を用いた異常値処理を実施するものとする。

表 3-15　異常値を多く含む可搬式電波流速計の観測値例

電波流速計の流速横断分布



測線毎の水表面流速結果



＜例　示＞

観測時の環境等外乱の影響を受け、図 3-7 のような非常に多くの異常値が計測される場合があり、上記＜推　奨＞による異常値除去方法では異常値が除去できない事例がある。こうした計測値が生じた場合は、後のデータ検証が可能なよう「9. **観測データの記録**」に沿った適切な記録を実施するよう特に留意する。

＜解　説＞

図 3-7 のような異常値が多く計測された場合、上記＜推　奨＞による異常値除去方法では異常値処理が不十分であることがある。こうした場合は、適切な記録を徹底するとともに、計測機器メーカと協同した対応を検討されたい。

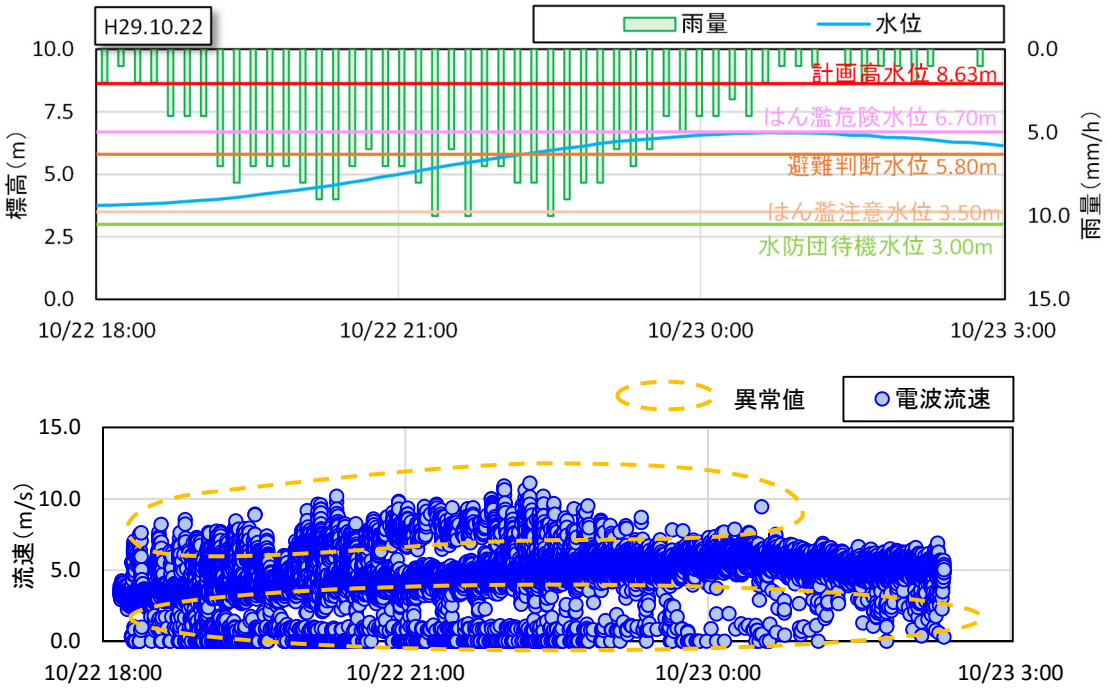


図 3-7　非常に多くの異常値が計測された例（1/2）

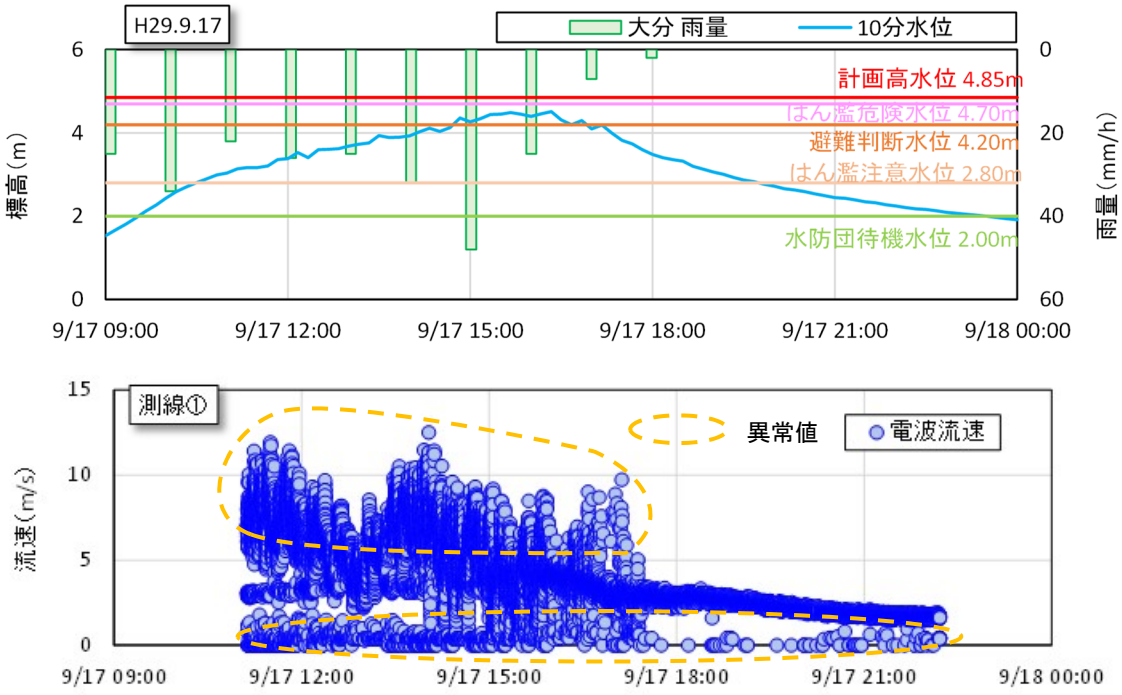


図 3-7　非常に多くの異常値が計測された例（2/2）

3.6　横断面測定

＜必　須＞

流量算出断面については、横断測量を行い、流量観測所横断図面を作成しておかなければならない。

＜推　奨＞

固定式電波流速計を用いた観測の場合、一定の俯角で機器を固定するため、水位変化に応じ観測断面位置が変化する。横断測量は観測地点における水位変化の中間位置で実施する事が望ましい。

＜解　説＞

俯角を固定して計測した場合、水位が変化すると図 3-8 のように観測断面位置が変化する。固定式電波流速計は観測時の水位に応じて俯角を調整することができないため、水位変化の中間位置を流量算出断面とし、横断測量を実施する。出水前に横断測量を行う場合は、水防団待機水位と HWL の中間の水位の位置を目安とする。また、出水後については、観測開始水位と出水期の最大水位の中間とする。縦断位置は、電波照射位置とする。

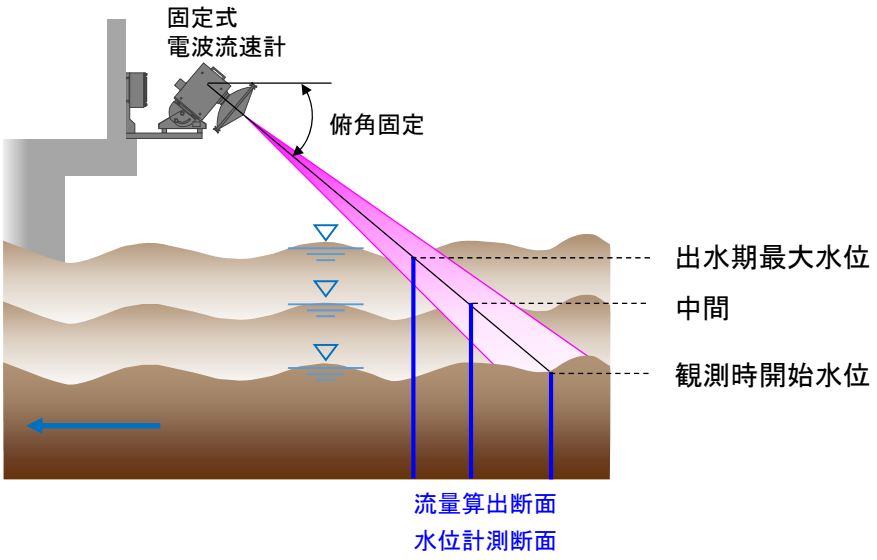


図 3-8　水位変化と観測断面位置の変化

3.6.1　横断測量の時期

＜標　準＞

流量観測所の横断図面は、出水期の前に行う横断測量により修正することを標準とする。

洪水等によって河床が変化したと認められる場合には、その都度速やかに横断測量を行い、同様に修正するものとする。

＜解　説＞

横断測量は流量算出断面に対し、出水前と出水後に河床が変化したと認められる場合はその都度速やかに横断測量を実施する。

出水前の横断測量は、出水期前に毎年定期的に実施する。出水後の横断測量の成果は、次の出水前の横断面として用いる。

出水時に高水流量観測ができなかった場合でも出水により河床が変化している場合は、出水後は横断測量を行う。

3.6.2 横断測量の実施方法

＜標　準＞

国土交通省公共測量作業規程に準じた方法により横断測量を実施する。

＜参考となる資料＞

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.

3.7　水位観測

＜必　須＞

流量算出断面においては、水位観測設備を設置し、水位観測を実施しなければならない。

＜解　説＞

電波流速計観測を実施する流量算出断面においては、水位計や水位標を設置し、水位観測を実施する必要がある。

固定式電波流速計による高水流量観測を実施する場合、可能であれば流量算出断面（電波照射断面）に自記水位計を設置して水位観測を行うことが望ましい。可搬式電波流速計を用いる場合は、水位標等の水位観測設備を設置し観測員による水位観測を実施することも可能である。

固定式電波流速計施設では電波流速計の横に超音波水位計を設置し、水位観測をしている例があるが（表 3-3 など）、電波流速計が流速計測しているのは数 m～数十 m 離れた箇所であり、特に水面勾配が急な地点では不適切である。原則、流量算出断面と同じ縦断位置で水位観測を行う。

なお、周辺の水位観測所や基準断面、第 1，2 見通しの水位から流量算出断面の水位を内外挿することで適切に水位が算出可能な場合は、暫定的に流量算出用に用いてもよい。

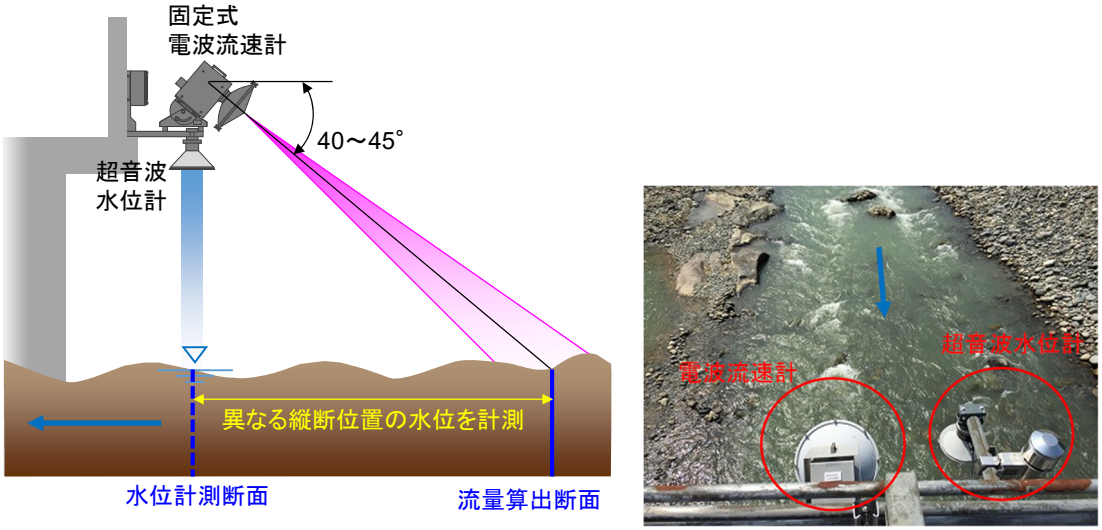


図 3-9　固定式電波流速計と超音波水位計による水表面流速と水位の計測位置（不適）

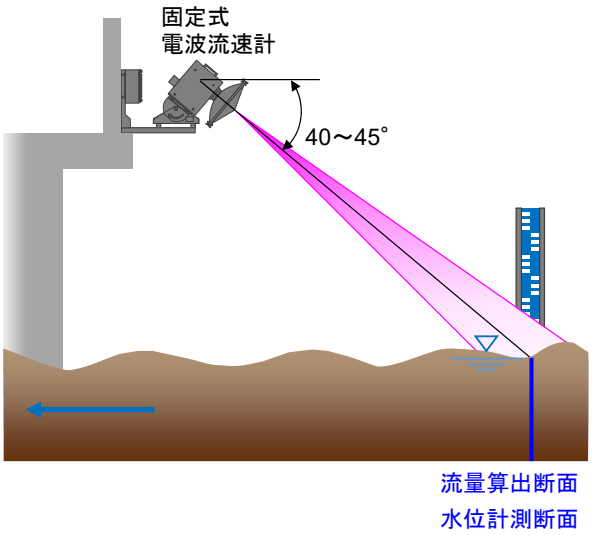


図 3-10　固定式電波流速計と流量算出断面における水表面流速と水位の計測位置（適切）

＜標　準＞

水位計は、以下の条件を満たすことを標準とする。

(1) 観測対象とする範囲の水位を欠測しないものとする。

(2) 水位の時間平均値を記録・出力することができなければならない。

(3) 水位の最小読み取り単位は 1/100m を原則とする。

(4) 水位計の測定可能範囲は、以下に示す水位の範囲を精度よく計測できるように設置することを標準とする。

計測上限：無堤区間の場合、計画高水位又は既往最高水位より 1m 以上高い水位。有堤区間 では、堤防天端より 0.5m 以上高い水位。

水位標は、以下の条件を満たすことを標準とする。

(1) 観測対象とする範囲の水位を欠測しないものとする。

(2) 量水板の最小目盛りの単位は原則として 1/100m とする。

(3) 水位標の零点の標高（零点高）は水準基標を基準として測量しておかなければならない。

(4) 水位標の零点高は原則として既往最低水位以下としなければならない。

(5) 夜間や出水時の場合でも、目盛りを正確に読み取ることができる箇所に水位標を設置しなければならない。

(6) 水位計測範囲を大きくとる必要がある川では、2m 程度の支柱を護岸や堤防のり面に複数本設置し、水位上昇時においても、順次上位の水位標に読取を安全に引き継げるようにしなければならない。その際、上位・下位の水位標目盛の重複は 0.5m 以上とする。

(7) 水位標の設置後においても、その零点高は少なくとも年 1 回は測定しなければならない。その場合、水準器の読取の単位は 1/1,000m を用いる。

＜解　説＞

水位観測に用いる自記水位計の選定時における参考資料として、『河川砂防技術基準　調査編 令和 4 年 6 月版』を参照する。

＜参考となる資料＞

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、全日本建設技術協会、2002.

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

4. 画像処理型流速測定法

4.1 計測原理

＜考え方＞

画像処理型流速測定法とは、洪水流を撮影した映像を解析することで流速を計測する手法である。本手引き（案）では高水流量観測への適用性が高い STIV（Space-Time Image Velocimetry）を扱うものとする。

動画から得られた連続した静止画を用いて検査線上の輝度値を時間軸方向に積み重ねた時空間画像に生じる縞パターンから水方面流速を求める手法である。

STIV：

- STIV 法は水面の波紋の移動速度から水表面流速を計測する手法である。
- STIV で得られるのは、（検査線上の）水表面流速の 1 方向成分のみである。

＜解　説＞

・カメラ映像（動画）から水表面流速を計測する手法である。具体的には、連続した映像上を時間軸方向に積み重ね検査線上の時空間画像（STI：横軸が長さ、縦軸が時間の次元）に現れる縞パターンの傾きから水表面流速を求める。

・STIV で得られるのは、（検査線上の）水表面流速の 1 方向成分のみである。

・波紋の移動速度から水表面流速を算出するため、浮子等のトレーサが不要で、録画された映像のみから水表面流速の算出が可能である。

・斜めから撮影した画像は、標定による幾何補正により歪みをとることができ、流速の算出が可能である。

表 4-1　画像処理型流速測定法（STIV）概要一覧

解析手法	STIV 法 （Space-Time Image Velocimetry）
解析手法の概要	・ カメラ映像（動画）から水表面流速を計測する手法。 ・ 具体的には、連続した映像上を時間軸方向に積み重ね検査線上の時空間画像（STI、横軸が長さ、縦軸が時間の次元）に現れる縞パターンの傾きから水表面流速を求める。
解析対象	・ 連続撮影されたカメラ映像
適用範囲	・ 約 0.1m/s 以上（ただし、水面に波紋が生じる流況）
出力値	・ 検査線上の時間平均水表面流速の横断分布
特徴	・ （検査線上の）水表面流速の 1 方向成分のみである。 ・ 波紋の移動速度から水表面流速を算出するため、浮子等のトレーサが不要で、録画された映像のみから水表面流速の算出が可能である。 ・ カメラ撮影地点からの距離による解像度（単位：cm/pixel）低下による水表面流速の解析精度の低下、撮影映像のノイズや遮蔽物による影響を受けづらい。
課題	・ 水表面の波紋をカメラ映像上で認識できなければ計測不能である。 ・ 解析結果には人為誤差と解析誤差（特に幾何補正による誤差）が含まれる。 ・ 水表面の波紋移動速度により水表面流速を算出することから、風の影響を受ける。
課題（共通）	・ カメラ映像に一般の可視光カメラ（高感度カメラを除く）を用いる場合、夜間観測は不可能であるが、投光器を用いれば観測できる場合もある。 ・ 画像撮影後に解析ソフトを用いた解析を行うため観測現場で流速観測値を確認することはできない。

4.1.1　画像解析手法（STIV）

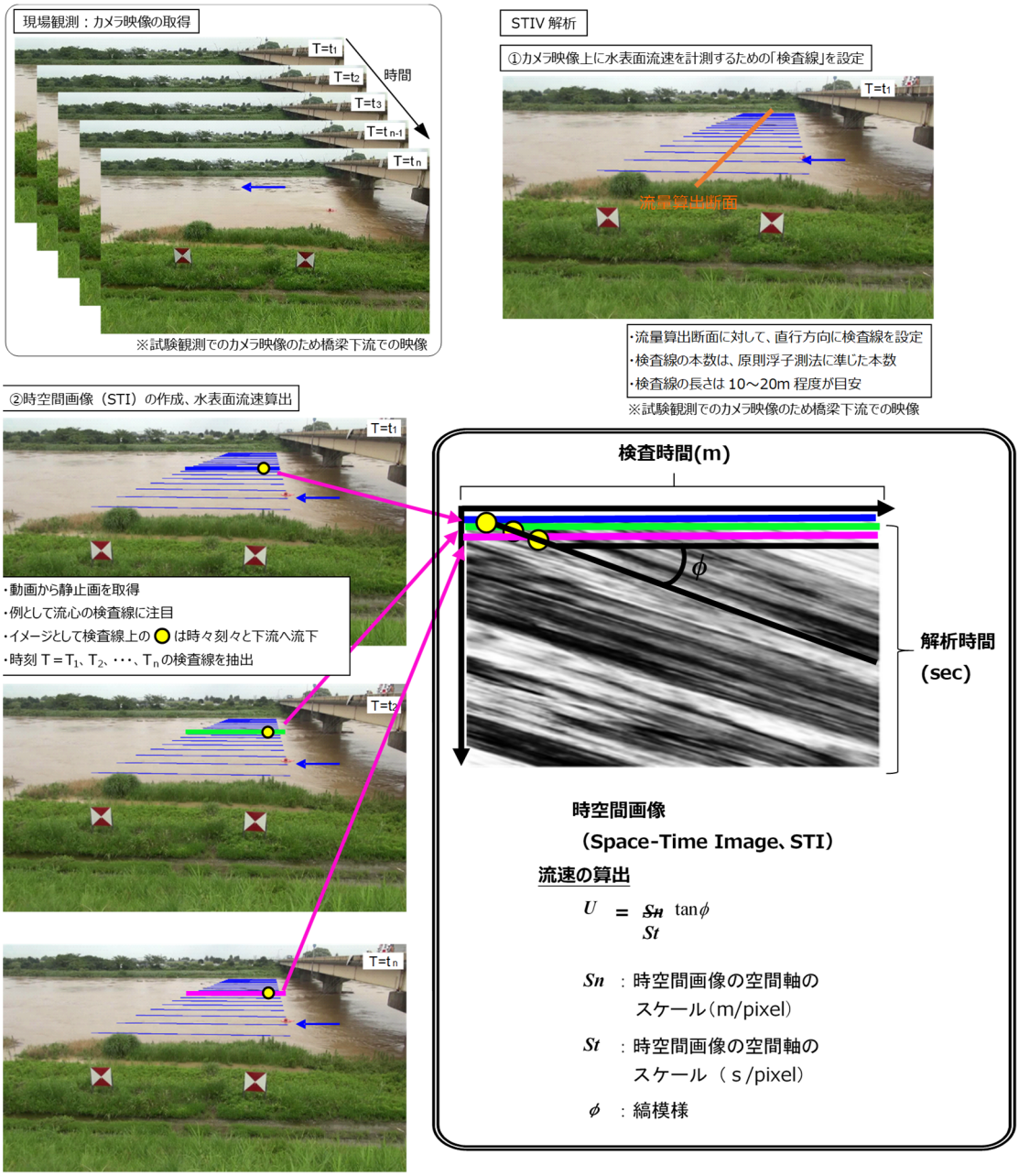
＜考え方＞

STIV（Space-Time Image Velocimetry）は、流速を計測したい位置のカメラ映像上の水面に検査線を配置し、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。

＜解　説＞

STIV とは、流速を計測したい位置のカメラ映像上の水面に検査線を配置し、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。

STIV は、従来の LSPIV に比べて、ノイズや遮断物による影響を受けにくく、観測時におけるビデオカメラレンズの雨滴付着時や夜間撮影といった悪条件を含む様々な画像条件下でも流速の算出が可能な手法である。



4.2　観測機器

＜必　須＞

画像処理型流速測定法を用いた高水流量観測では、録画画像を用いた画像解析手法に適した撮影機材を用いて観測、記録を行うことが必要である。

＜標　準＞

画像処理型流速測定法に用いることができるカメラは、以下が挙げられる。

- 高感度カメラ
- CCTV カメラ
- 遠赤外線カメラ

ここで、カメラとは上記の 3 種類を指し、静止画を撮影するデジタルカメラ等は該当しない。

＜解　説＞

各カメラの特徴・適用性の概要を以下に示す。

なお、新規観測地点においては、必ず事前に試験観測を行い、撮影アングル内の波紋の移流状況を確認しておく必要がある。映像の記録装置、画像鮮明化装置などの機器類は、耐温度環境等屋外での使用に対応可能な機器仕様のものを採用すること。なお、記録装置は、連続動画を記録できる容量とすること（定期点検を考慮して 1 ヵ月程度の録画機能を有すること）。

表 4-2　カメラの種類毎の特徴・適用性一覧

種類	特徴	適用性
高感度カメラ	・ 一般に、通常のカメラと比較して ISO 感度が高いカメラを指す ・ 固定設置 ・ 夜間少量の光源でも鮮明な画像が得られる	・ 少量の光源で夜間観測が可能夜間の高精度な観測が可能 ・ 固定設置の場合、無人 24 時間観測が可能 ・ 高感度カメラの場合は、光源が多い現場条件では画像にハレーションが発生し、解析できない可能性があるので観測条件を確認したうえで、電子感度の調整やカメラ方向を調整することに留意する必要がある
CCTV カメラ	・ 既設の空間監視用 CCTV カメラを用いることも可能 ・ 固定設置 ・ 観測員が現地に不要	・ 洪水時に観測員がアクセスできない場所でも観測可能 ・ 事前の測量がなく現地に観測員がいない場合でも観測が可能であるため、緊急的な補間的観測が可能 ・ 光源がない、または少ない場所では観測不可
遠赤外線カメラ	・ 夜間可視光がなくとも鮮明な画像が得られる ・ 基本的に固定設置	・ 夜間の高精度な観測が可能 ・ 固定設置の場合、無人 24 時間観測が可能

4.2.1 高感度カメラ

＜標　準＞

画像処理型流速測定法に活用できる高感度カメラは以下の条件を満たすものを標準とする。

【カメラの機器性能】

- カメラレンズ：あまり広角でなく、できる限り歪みがないもの
  ※魚眼カメラ等の広角レンズのカメラは使用しないこと

【カメラの画質】

- フレームレート：30fps を標準とし、最低 7.5fps を確保。
- 撮像／記録画素数：200 万画素以上

【カメラの動画記録機能】

- 高水流量観測で必要な撮影時間や想定される洪水継続時間を考慮し、十分な容量を持った記録媒体（HDD 等）を準備する。
- 撮影する動画は AVCHD 規格に準拠。AVCHD 規格とはハイビジョン映像をビデオカメラで記録するための規格の一つ。

＜推　奨＞

降雨時の観測のため防水機能付きハウジングを準備することが望ましい。

4.2.2 CCTV カメラ

＜標　準＞

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ものを標準とする。

【CCTV カメラの機器性能】　※ CCTV カメラ設備機器仕様書（令和 3 年 3 月）

- HDIP カメラ装置
- HDIP カメラ装置（高感度）
- HDTP カメラ装置（高倍率）
- HDIP カメラ装置（機側レス型、高感度）
- HD 簡易型 IP カメラ装置
- カメラレンズは、できる限りレンズの歪みがないものを用いる。
- プリセット機能を有し、洪水時の撮影画角を再現できること。

【CCTV カメラの画質】

- フレームレート：30fps を標準とし、最低 7.5fps を確保
  なお、CCTV には夜間にフレームレートを下げて感度を上げるタイプ等があるため、性能を確認する必要がある。
- 撮像／記録画素数：200 万画素以上

【CCTV カメラの動画記録機能】

- 録画可能日数：洪水撮影時間および映像回収にかかる時間を考慮した録画可能日数
- 記録フレームレート：撮影画像と同様、30fps を標準とし、最低 7.5fps を確保

＜推　奨＞

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】

河川系の CCTV カメラのうち、画像処理型流速測定法に適した画角設定が可能な空間監視用 CCTV カメラを用いることが望ましい。

【CCTV カメラ旋回装置の静止精度】

CCTV カメラのプリセット画角への静止精度は±0.05%以内であることが望ましい。

【CCTV カメラ動画の録画機能】

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、7 日以上が望ましい（洪水時撮影で 2 日程度、洪水後の水防活動等で映像回収作業に着手するまで時間を要する可能性があるため 5 日程度の余裕を確保する）。

＜解　説＞

旋回装置は、CCTV カメラを旋回させた後に流量観測用のプリセット画角にどの程度の精度で戻せるかを示している。画像処理型流速測定法による解析をする場合、予めプリセットされた画像上で幾何補正を実施するため、その画角からずれると幾何補正精度が低下し、結果的に、流量観測精度も低下することになる。現行の仕様では、静止精度±0.5°以下となっているが、可能であれば静止精度±0.05°以下が望ましい。

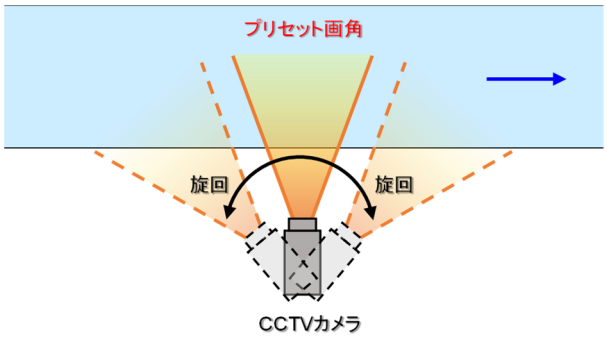
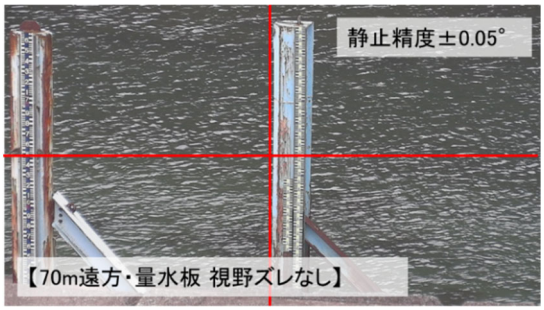
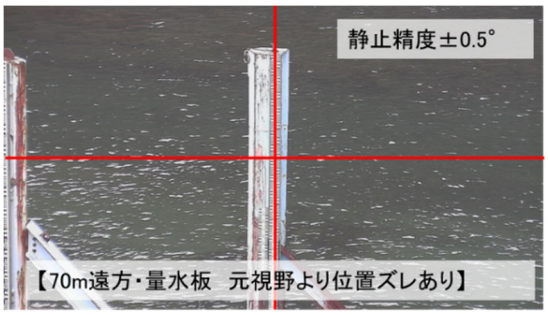
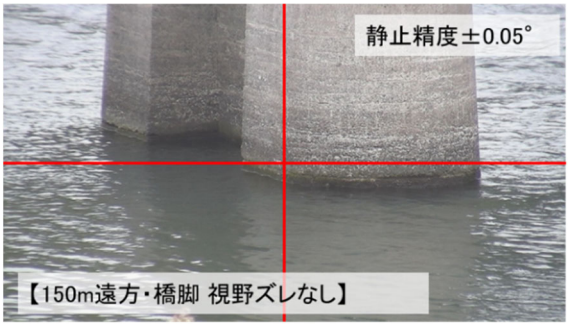
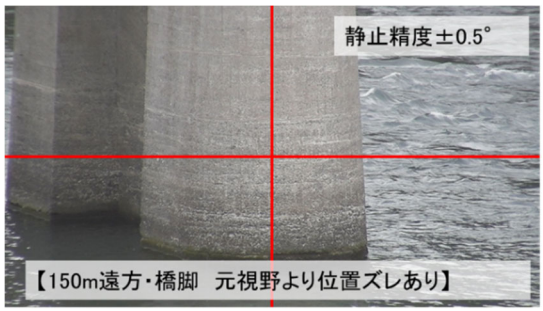


図 4-1　旋回装置の「静止精度」概念図

表 4-3　旋回装置　静止精度

<table>
<tr><td colspan="2">旋回装置　静止精度　比較　70m 遠方・量水板</td></tr>
<tr><td>静止精度±0.05°</td><td>静止精度±0.5°</td></tr>
<tr><td> 
</td><td> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">静止精度±0.5°では量水板の幅（約 30cm）視野が変化</td></tr>
<tr><td colspan="2">旋回装置　静止精度　比較　150m 遠方・橋脚</td></tr>
<tr><td>静止精度±0.05°</td><td>静止精度±0.5°</td></tr>
<tr><td> 
</td><td> 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">静止精度±0.5°では対象橋脚で 3m 程度視野が変化</td></tr>
</table>

CCTV カメラの録画機の設定により、撮影映像は高フレームレートで撮影されているが、記録の際に低フレームレートに圧縮される場合がある。この場合、回収した映像での解析が難しいため、高水流量観測用の CCTV カメラ映像の録画設定は確認、必要に応じて変更する必要がある。

4.2.3　遠赤外線カメラ

＜考え方＞

遠赤外線カメラでは、周辺構造物などの熱源が発する遠赤外線の水面の波紋への反射を撮影することで、水表面の流れを撮影、記録する。遠赤外線カメラでは、対岸などにコンクリート構造物等がある場合、比較的長い時間熱源として遠赤外線を放射するため、水面の視認性が向上する。反面、霧などにより遠赤外線が散乱される場合には水面の視認性が低下する。

＜標　準＞

画像処理型流速測定法に活用できる遠赤外線カメラは、以下の条件を満たすものを標準とする。

【遠赤外線カメラの機器性能】

- 撮像素子：出力映像解像度が一致しているもの
- レンズ：適切な画角を確保できるもの、またできる限りレンズの歪みがないもの
- どのような自然環境（特に降雨、気温、湿度）に対しても野外設置に耐え得ること

【遠赤外線カメラのフレームレート】

- フレームレートは 30fps を標準とする。なお、必要なフレームレートは河川の流速と検査線の長さによって変化する。標準以下の設定しか出来ない場合は設定可能な最大値で設定し、計測の可否を確認する。

【遠赤外線カメラ映像の録画機能】

- 録画時間：30 秒程度（カメラの性能や現地の状況から適切な長さを判断する）
- 録画可能日数：洪水撮影時間および映像回収にかかる時間を考慮した録画可能日数
- フレームレート：録画映像のフレームレートを最低 7.5fps は確保する
- 汎用の製品ではなく高温特性の高いもの
- 流速解析ソフトで処理可能な画像形式での出力が可能なこと

＜推　奨＞

画像処理型流速測定法に活用できる遠赤外線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。

【遠赤外線カメラ映像の録画機能】

- 遠赤外線カメラで撮影した動画を録画できるもの
- 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てること（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）

【映像鮮明化装置】

- STIV による水表面流速計測をする際、降雨や気温・水温差といった自然条件によっては遠赤外線カメラのみでは、明瞭な水面の波紋が得られず、STIV による水表面計測が困難になる場合があるため、映像鮮明化装置を用いることを推奨する
- 映像鮮明化装置を使用する際は、その接続法は、遠赤外線カメラ－映像鮮明化装置－映像録画器とし、映像を記録する前に鮮明化処理を行う
- 映像鮮明化装置の性能として、以下の条件を満たすものを使用することが望ましい。
- 遠赤外線カメラの赤外線映像をより鮮明に処理し、流速解析を適切に実施できるように映像品質を向上させることのできるもの
- 国土交通省管内の河川において高水流速観測とその流速から流量を算出した観測事例があるもの（またはその後継機種）

＜解　説＞

映像鮮明化装置による鮮明化処理は、映像の録画器を通してデジタル圧縮される前のアナログデータに対して行う方がより効果が高い。このため、各機器の接続は以下の順とすることが望ましい。

遠赤外線カメラ
↓
映像鮮明化装置
↓
映像録画器

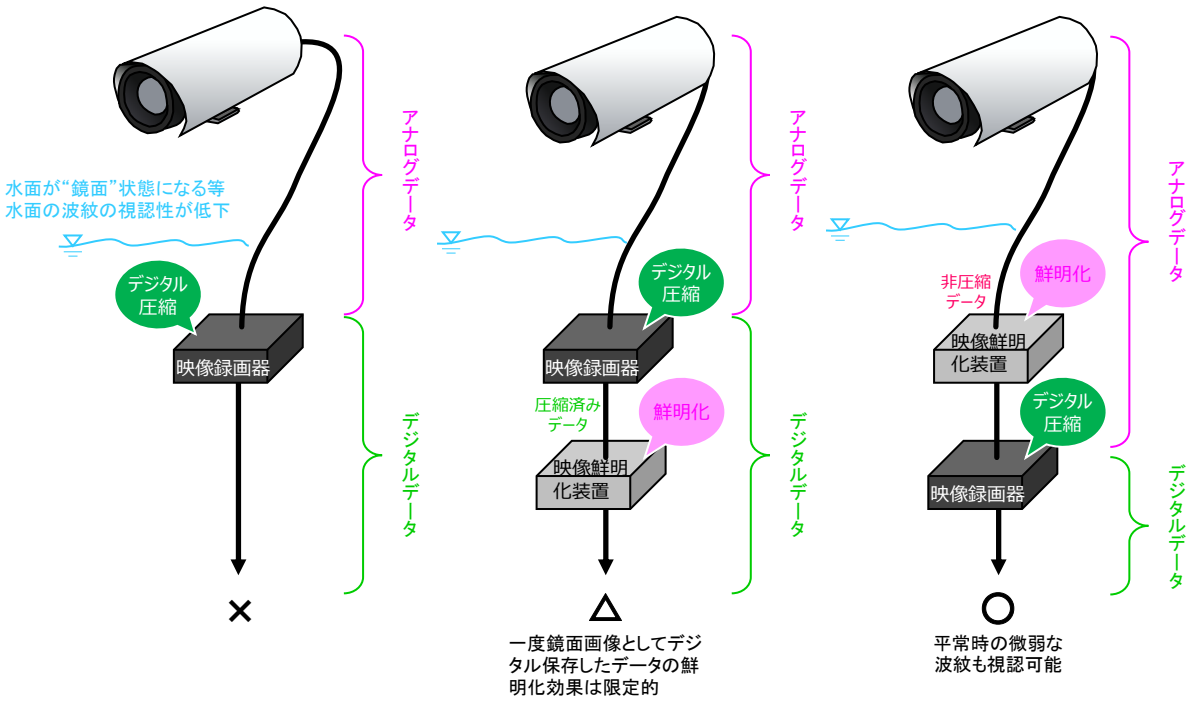
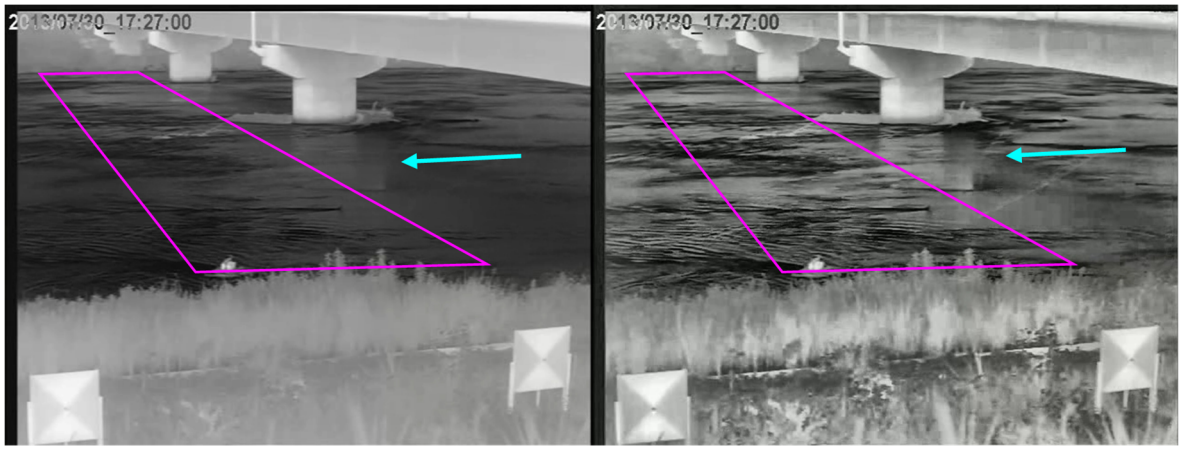


図 4-2　映像鮮明化装置を活用した水面の波紋視認性の向上対策

表 4-4　画像鮮明化装置の有無

映像鮮明化処理前	映像鮮明化処理後※
	
評価	
・出水時の遠赤外線カメラ映像を録画器に保存後（のデジタル映像に対し）、映像鮮明化処理を実施 ・水表面流速計測エリア□をみると、映像鮮明化処理前（左）は水面が“鏡面”状態であり波紋の視認性が困難であるものの、映像鮮明化処理後（右）は水面の波紋の視認性が向上している。	

＜参考となる資料＞

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) 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　観測位置の選定

＜考え方＞

画像処理型流速測定法を用いる場合は、流速計測箇所近傍の水位（洪水時）や横断測量（洪水前後）成果が取得しやすく、流速計測範囲を撮影できる画角が設定可能な撮影箇所を選定する必要がある。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。

＜標　準＞

画像処理型流速測定法である STIV を活用できる観測位置は、以下を標準とする。

【観測位置】

- 水位・流量観測所
- 画像処理型流速測定法による流量観測が必要な箇所
- 一定のカメラ画角で観測対象範囲及び両岸の標定点を撮影できる位置
- 渦を巻くような流れや偏流がない位置

【周辺環境】

- 画像処理型流速測定法として STIV を用いる場合は、カメラ映像で水表面の波紋を撮影できる位置

【縦断位置】

- 画像処理型流速測定法として STIV を用いる場合は、原則、水位基準断面あるいは浮子観測の第 1 測線と第 2 測線の間で横断面の見通しがよく、流況に影響を与える植栽等の障害物がない位置
- 水位基準断面あるいは第 1 測線から第 2 測線の間で橋脚等の影響を受ける場合は、橋梁の上流で橋梁から十分な距離をとり橋脚の影響を受けない位置

＜推　奨＞

画像処理型流速測定法である STIV を活用できる観測位置は以下の条件を満たすことが望ましい。

【観測位置】

- できる限り計測したい区間に近い場所

  ※カメラ機器性能、撮影時の環境により流速計測可能な範囲は異なるため、カメラ機器、観測環境ごとに検証することを推奨する。令和 4 年 3 月現在、既往の解析結果によれば、流速計測できる範囲はカメラ位置から横断方向で 280m の事例もある。ただし、この事例は天候は晴れ、見通しも良い好条件下の観測結果である。現地の状況等により変わるので、現地試験を行い観測位置について確認することが望ましい。

【縦断位置】

- 画像処理型流速測定法として STIV を用いる場合は、流向に対し直交方向を撮影する位置
- 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 見通し断面、第 2 見通し断面のいずれかを撮影できる位置

【周辺環境】

- 画像処理型流速測定法として STIV を用いる場合は、計画規模あるいはそれ以上の規模の洪水時でも流速横断分布を把握可能な位置

＜解　説＞

(1)　観測位置

画像処理型流速測定法はビデオカメラ、標定点、水位計測があれば、流量観測が必要などの位置でも観測は可能である。水位計測の必要があるため、基本的には水位計または水位標が設置されている水位・流量観測所で行うものと考える。

(2)　周辺環境

画像処理型流速測定法では水面の映像を取得することが必須であるため、樹木等で視界が阻害される場合は観測できない。

STIV を用いる場合は、水面の波紋等から流速を算出する手法であるため、水面が鏡面状態となる箇所や、波紋が見えない位置では観測できない。事前に観測対象箇所の水面状況を既往洪水時の写真や CCTV カメラの画像等で確認することが望ましい。

(3)　縦断位置

STIV を用いる場合は、標定点の設置位置や画角と水面幅の関係を考慮した上で、できるだけ流向に対して直行方向を撮影する。また、流況の乱れが大きい橋梁直下は避けた位置とする。

(参　考)

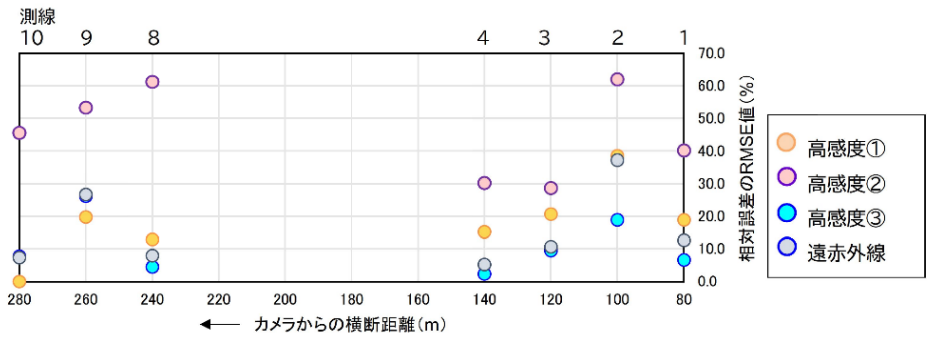


図 4-3　有効計測距離の確認

4.3.1 高感度カメラ

＜推　奨＞

画像処理型流速測定法である STIV を活用できる高感度カメラの観測位置は以下の条件を満たすことが望ましい。

【周辺環境】

- 水面をできるだけ大きい俯角を持って撮影できる位置
- 車両や歩行者の通行の邪魔にならず、観測期間中の残置が可能な場所
- 画像処理型流速測定法として STIV を用いる場合は、周辺に外灯があり夜間でも水面の波紋を視認できる位置であるとなお良い

【縦断位置】

- 無人での観測が基本となるため、水位基準断面あるいは浮子観測の第 1 断面から第 2 断面の間で横断面の見通しがよく植栽等の障害物がない位置が望ましい
- 河川横断幅が広い場合はカメラ性能を確認し、両岸からの撮影を行う

＜解　説＞

画像処理型流速測定法（STIV）による高水流量観測を実施する場合、適切な高感度カメラの設置位置の選定を行い、（水表面）流速計測だけでなく、高水流量の算出まで考慮する必要がある。

このため、流量（流速）「観測」だけでなく、流量「算出」まで考慮した高感度カメラの設置位置とカメラ画角設定をする。

(1) 設置位置

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、高感度カメラを設置する場所は解析手法により下記に注意して設置位置を選定することが必要である。

高感度カメラの設置位置を考える際の着眼点について**表 4-5 及び図 4-4 に**示す。

表 4-5　高感度カメラの設置位置選定の着眼点一覧

着眼点	具体的な着眼理由	推奨されるカメラ設置位置
着眼点 1： 画像処理型流速測定法の解析要件	・ 流量を算出するには、水位と横断測量成果も併せて必要 ・ STIV 解析手法を用いる場合には、幾何補正の際に水位データが必要となる。 ・ 一般的に、流量観測所には基準断面・第 1・第 2 見通し断面があり、基準断面では常時水位を計測している。	・ 既設の基準断面の水位計を用いることが可能な位置が望ましい。 ・ 次いで水位標が設置されている第 1 見通し断面、第 2 見通し断面が望ましい。
着眼点 2： 水表面の波紋の視認	・ 撮影する映像上で明瞭な水面の波紋が視認できる必要がある。 ・ 夜間の撮影では､波紋が全く確認できない場合がある。 ・ 水面のハレーションが映り込むと波紋やトレーサが確認できない場合がある。	・ 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°程度は確保する。 ・ 夜間の撮影では付近に光源があることで波紋の撮影が可能になる場合がある。付近に街灯や建物の明かり等の光源がある地点では夜間の視認性を確認し、設置位置を検討する。 ・ 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。
着眼点 3： 橋脚や横流入による乱れ	撮影範囲に橋脚後流の影響がある位置や横流入等により偏流が生じている位置は水面の波紋に乱れが入り、計測したい流下方向成分の水表面流速計測が困難である。	橋梁の上流側や、橋梁から十分に距離を取った橋脚後流の影響が少ない位置に設置することが望ましい。
着眼点 4： 撮影範囲	設置位置によっては､計画規模洪水時に水面全幅が撮影範囲に収まらないことがある。	計画規模あるいはそれより規模の大きい洪水時でも水表面流速横断分布を把握可能なカメラ設置位置
着眼点 5： 水表面流速計測の範囲	STIV で得られる水表面流速の横断分布をできる限り得る必要がある。	堤防近傍に設置し、流下方向に直交するような画角とすることが望ましい。
着眼点 6： 電源の確保	ビデオ機器で撮影するためには安定的な電源を確保する必要がある。基本的には商用電源を活用する。	観測局舎および近傍に設置し、局舎の AC 電源から電源を確保することが望ましい。

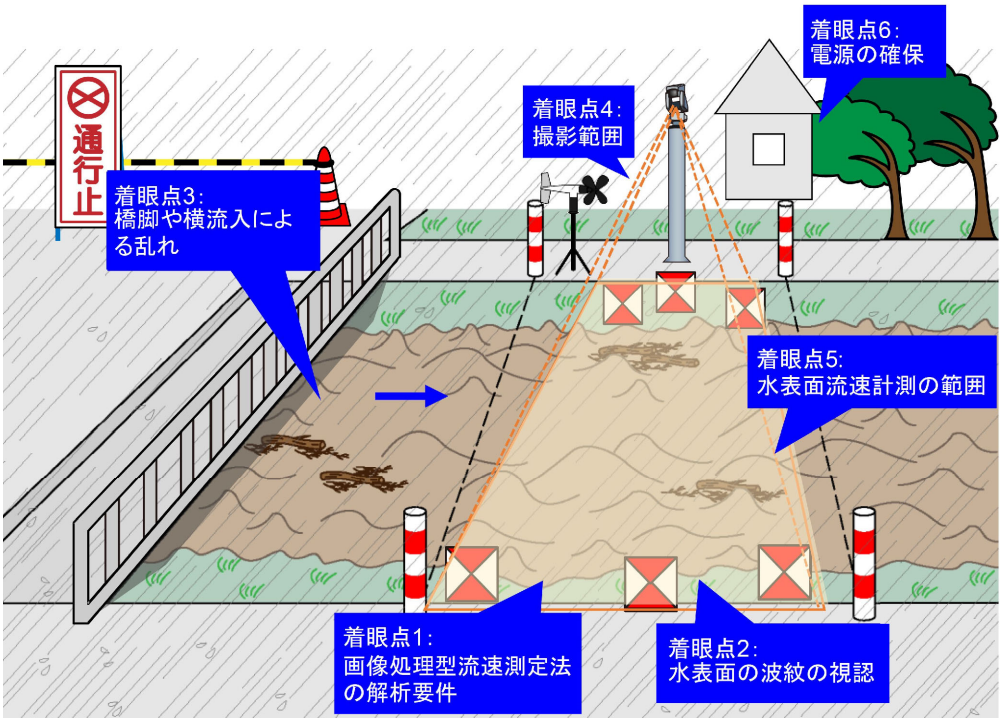


図 4-4　高感度カメラ設置場所選定における着眼点

4.3.2　CCTV カメラ

＜推　奨＞

画像処理型流速測定法である STIV を活用できる CCTV カメラの観測位置は以下の条件を満たすことが望ましい。

【縦断位置】

画像処理型流速測定法として STIV を用いて、無人での観測を想定する場合は、特に基準断面の横断面上あるいはその近傍であることが望ましい。

＜解　説＞

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のためには、適切な CCTV カメラの設置位置の選定を行い、（水表面）流速計測だけでなく、高水流量の算出まで考慮する必要がある。

このため、流量（流速）「観測」だけでなく、流量「算出」まで考慮した CCTV カメラの設置位置とカメラ画角設定をする。

(1)　設置位置

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 を設置する場所は解析手法により下記に注意して設置位置を選定することが必要である。

CCTV カメラの設置位置を考える際の着眼点について**表 4-6 及び図 4-5** に示す。

表 4-6　CCTV カメラ設置位置選定の着眼点一覧

着眼点	具体的な着眼理由	推奨されるカメラ設置位置
着眼点 1： 画像処理型流速測定法の解析要件	・ 流量を算出するには、水位と横断測量成果も併せて必要 ・ STIV 解析手法を用いる場合には、幾何補正の際に水位データが必要となる。 ・ 一般的に、流量観測所には基準断面・第 1・第 2 見通し断面があり、基準断面では常時水位を計測している。	・ 既設の基準断面の水位計を用いることが可能な位置が望ましい。 ・ 次いで水位標が設置されている第 1 見通し断面、第 2 見通し断面が望ましい。
着眼点 2： 水表面の波紋の視認	・ 撮影する映像上で明瞭な水面の波紋が視認できる必要がある。 ・ 夜間の撮影では､波紋が全く確認できない場合がある。 ・ 水面のハレーションが映り込むと波紋やトレーサが確認できない場合がある。	・ 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° 程度は確保する※。 ・ 夜間の撮影では付近に光源があることで波紋の撮影が可能になる場合がある。付近に街灯や建物の明かり等の光源がある地点では夜間の視認性を確認し、設置画角を検討する。 ・ 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。
着眼点 3： 橋脚や横流入による乱れ	撮影範囲に橋脚後流の影響がある位置や横流入等により偏流が生じている位置は水面の波紋に乱れが入り、計測したい流下方向成分の水表面流速計測が困難である。	橋梁の上流側や、橋梁から十分に距離を取った橋脚後流の影響が少ない位置に設置することが望ましい。
着眼点 4： 撮影範囲	設置位置によっては､計画規模洪水時に水面全幅が撮影範囲に収まらないことがある。	計画規模あるいはそれより規模の大きい洪水時でも水表面流速横断分布を把握可能なカメラ設置位置
着眼点 5： 水表面流速計測の範囲	STIV で得られる水表面流速の横断分布をできる限り得る必要がある。	堤防近傍に設置し、流下方向に直交するような画角とすることが望ましい。
着眼点 6： 電源の確保	ビデオ機器で撮影するためには安定的な電源を確保する必要がある。基本的には商用電源を活用する。	観測局舎および近傍に設置し、局舎の AC 電源から電源を確保することが望ましい。

※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)]

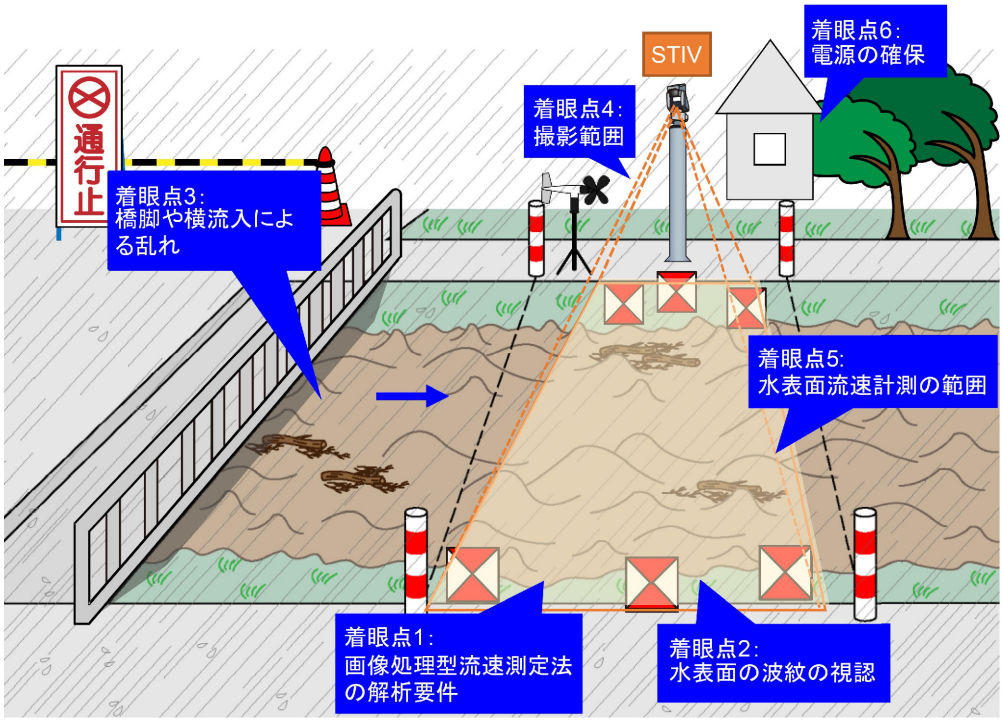


図 4-5　CCTV カメラ設置場所選定における着眼点

4.3.3　遠赤外線カメラ

＜推　奨＞

画像処理型流速測定法である STIV を活用できる遠赤外線カメラの観測位置は、以下の条件を満たすことが望ましい。

【周辺環境】

遠赤外線カメラの設置位置は、遠赤外線カメラ映像内に熱源となる河川構造物や堤内地のマンション・ビル等が確保できる場合は基準断面とする。対岸などのコンクリート構造物などの熱源が画角に入らない場合は、流量観測所近傍の橋梁を熱源とする遠赤外線の水面での反射が撮影可能な位置とする。

＜解　説＞

手引き（案）では、遠赤外線カメラ映像と STIV を活用した高水流量観測の実施が目的であるため、（水表面）流速計測だけでなく、高水流量の算出まで考慮する必要がある。

このため、流量（流速）「観測」だけでなく、流量「算出」まで考慮した遠赤外線カメラの設置位置とカメラ画角設定をする。

(1) 設置位置

画像処理型流速測定法（STIV）による高水流量観測を実施する場合、遠赤外線カメラを適切な位置に設置し、かつ、適切な画角設定を行う必要がある。

設置場所を考える際の着眼点は表 4-7 及び図 4-6 に示すとおりである。具体的な遠赤外線カメラの設置イメージを**図 4-7** に示す。同図は、固定式の遠赤外線カメラした場合を想定している。ただし、第 1 見通し断面、第 2 見通し断面を撮影する場合には、別途洪水時の水位観測の実施または水位計の設置が必要である。

表 4-7　遠赤外線カメラの設置場所選定の着眼点一覧

着眼点	具体的な着眼理由	推奨されるカメラ設置位置
着眼点 1： 流量算出断面	・ 流量を算出するには、水位と横断測量成果も併せて必要 ・ 一般的に、流量観測所には基準断面・第 1・第 2 見通し断面があり、基準断面では常時水位を計測	・ 基準断面が最も望ましい。 ・ 遠赤外線カメラ映像内に河川構造物・マンション等の熱源が確保できない場合は、流量観測所の橋梁上流側とする。
着眼点 2： 橋脚や横流入による乱れ	撮影範囲に橋脚後流の影響がある位置や横流入等により偏流が生じている位置は水面の波紋に乱れが入り、計測したい流下方向成分の水表面流速計測が困難である。	橋梁の上流側や、橋梁から十分に距離を取った橋脚後流の影響が少ない位置に設置することが望ましい。
着眼点 3： 撮影範囲	設置位置によっては、計画規模洪水時に水面全幅が撮影範囲に収まらないことがある。	計画規模あるいはそれより規模の大きい洪水時でも水表面流速横断分布をできるだけ把握可能なカメラ設置位置
着眼点 4： 水表面流速計測の範囲	画像処理型流速測定法で得られる水表面流速の横断分布をできる限り得る必要	堤防近傍に設置し、流量算出断面にほぼ平行方向に画角を向けることが望ましい。
着眼点 5： 水面の波紋を明瞭に視認できる映像を撮影するための熱源の確保	撮影する映像上で明瞭な水面の波紋が視認できる必要	・ 遠赤外線カメラ映像内に河川構造物・マンション等の熱源が確保できない場合は、流量観測所の橋梁上流側とする。 ・ 熱源から水面への反射を上手く捉えられる設置高さ・俯角に設置する。 ※　観測所近傍にある橋梁（橋脚）・護岸、あるいは近傍のマンションやビルなどを熱源として活用 ※　河川構造物・マンション等の熱源がない場合は、後述する映像鮮明化装置やサーマルシートを活用
着眼点 6： 電源の確保	ビデオ機器で撮影するためには安定的な電源を確保する必要がある。基本的には商用電源を活用する。	・ 観測局舎および近傍に設置し、局舎の AC 電源から電源を確保することが望ましい。

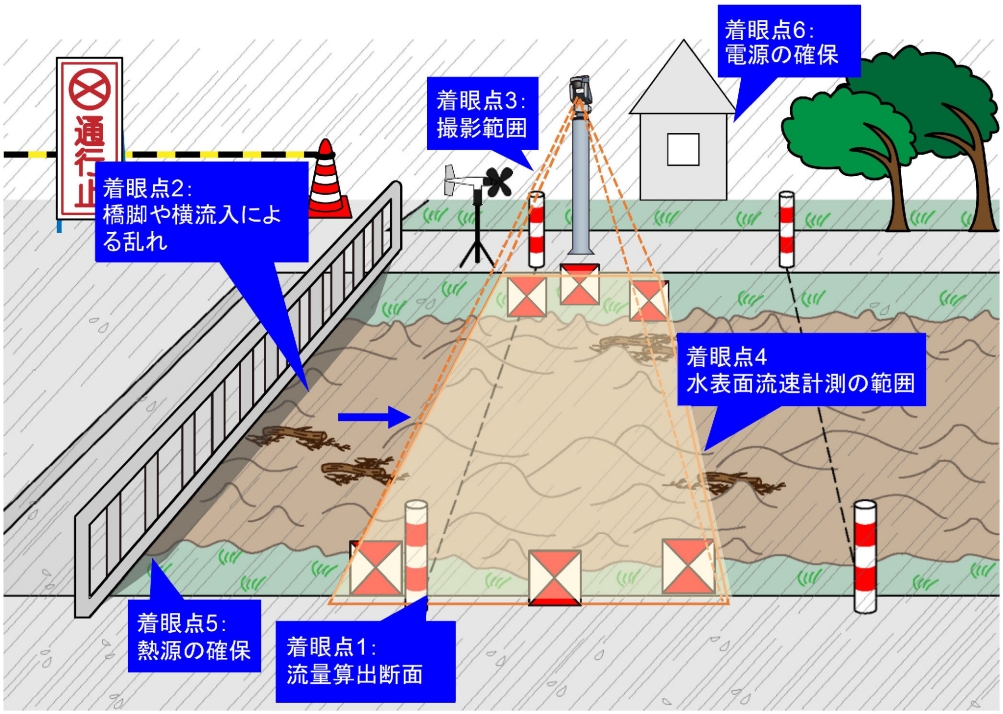
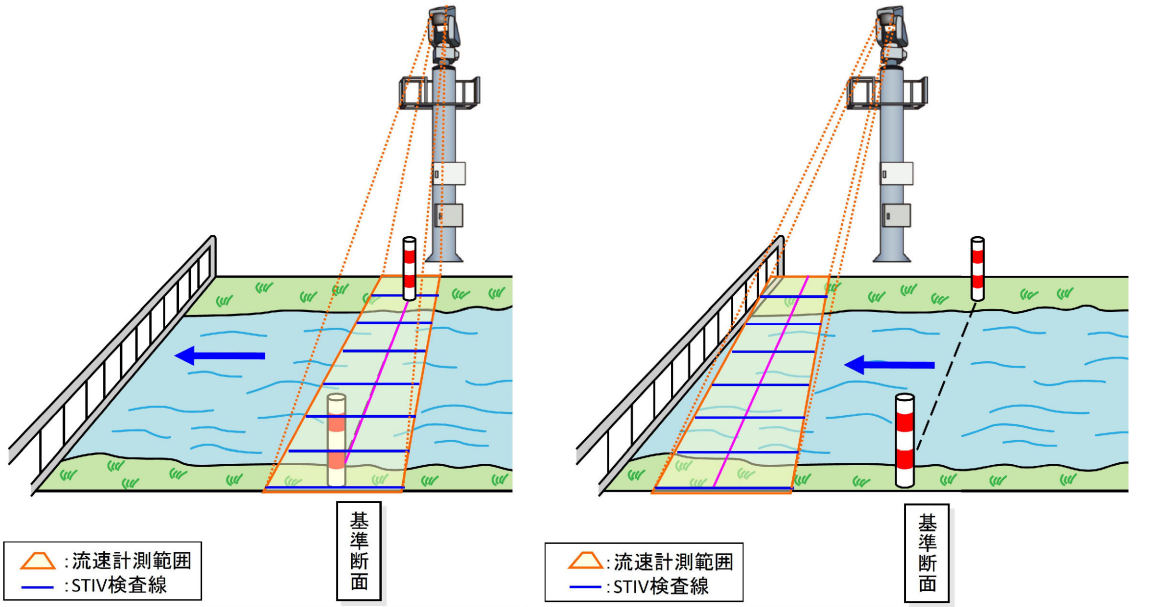


図 4-6　遠赤外線カメラ設置場所選定における着眼点



(a)遠赤外線カメラを基準断面を延長線上に設置
- 遠赤外線カメラを断面に平行方向に向ける。
- 遠赤外線カメラ設置岸(上図では右岸)の堤防肩まで画角に入るように遠赤外線カメラを下に向ける。
- 但し、対岸(上図では左岸)の堤防肩まで画角に入るように考慮する。

(b)遠赤外線カメラを流量観測所近傍の橋梁上流部に設置
- 遠赤外線カメラを橋梁上流部の横断面方向に向ける。
- 遠赤外線カメラ設置岸(上図では右岸)の堤防肩まで画角に入るように遠赤外線カメラを下に向けれる。
- 但し、対岸(上図では左岸)の堤防肩まで画角に入るように考慮する。

図 4-7　遠赤外線カメラの望ましい設置位置イメージ図

(2) 自然環境依存性について

高水流量観測で遠赤外線カメラを用いる場合、遠赤外線カメラ映像には必ず水面の波紋が写っている必要がある。

ここで、遠赤外線カメラ映像に水面の波紋が写らなくなる条件は、**表 4-8** に示すとおりであり、令和 4 年 3 月現在で得られている、遠赤外線カメラ映像の自然環境への依存性検討結果を**表 4-9** に示す。

ただし、これらの結果は全ての観測所、遠赤外線カメラ機器に適用できるとは限らないため、観測所、遠赤外線カメラ機器ごとに現地実証を行うことが望ましい。

これより、自然環境により遠赤外線カメラによる観測が不能になる可能性があるため、「**遠赤外線カメラの設置位置と画角設定**」と「**遠赤外線カメラの機能性能**」に示したように、熱源となるものの近傍で遠赤外線カメラによる撮影を実施し、かつ、映像鮮明化装置による対応をすることが望ましい。

表 4-8　遠赤外線カメラによる観測が不能になる条件（事例）

条件	具体的な内容
構造物の存在	・　遠赤外線カメラは、物体から放射される遠赤外線が水面に反射し、赤外線カメラに取り込まれることで映像として出力している。 このため、遠赤外線カメラを用いて高水流量観測を実施したい観測所近傍に遠赤外線を常に放射し続けることが可能な構造物（橋梁・橋脚、コンクリート護岸、マンション等の住宅など）が必要となる。 ・　HWL 時に画角範囲がほぼ水面となるところでは、水面波紋の視認性が悪くなるため、HWL でも構造物等の熱源が画角に入るように設置位置を決める必要がある。
降雨	・　既往検討において、降雨強度の影響は確認されており、20mm/hr 以上では波紋視認が可能な範囲でやや不明瞭となる。 ・　夜間において、少雨量であっても映像品質が低下した例（8～9 時間、2～5mm/hr）もあり、時間の経過とともに映像品質が低下する傾向にある。 ・　これまでの観測結果から、日没後 9 時間経過または降雨強度 20mm/hr 以上が、波紋視認が困難となる閾値といえる。
気温・水温差	・　水温に比べて気温が高く、かつ、その差が大きい場合は昼夜を問わず波紋視認性が極めて高い。 ・　一方で、水温よりも気温が低く、かつ、その差が大きい場合には、視認性は日中では概ね良好であるものの、夜間ではやや不良という結果となる。上記の相違は、遠赤外線カメラによる撮影画像では低温が黒・高温が白で表現されるため、水温よりも気温が低い場合では水面が白く映り、微細な波紋が表現されづらいためである。 ・　気温水温差が小さい（±1 度）場合には、昼夜を問わず、概ね良好に波紋を視認可能であった。
霧	・　濃霧の発生時に、観測できない状態が生じる場合がある。

表 4-9　遠赤外線カメラの環境依存性

（a）日中における降雨・日の出からの経過時刻への依存性

日の出からの経過時間	雨量(mm/hr)						
	0	0.5～2	2～5	5～10	10～20	20～50	50～
0～1 時間	★	★	★			★	
1～2 時間						★	★
2～3 時間						★	★
3～4 時間						★	★
4～6 時間						★	★
6～12 時間			★	★	★		★

※実際の観測例がない条件では安全側に補間している。

（b）夜間における降雨・日没からの経過時刻への依存性

日没からの経過時間	雨量(mm/hr)						
	0	0.5～2	2～5	5～10	10～20	20～50	50～
1～4 時間	★	★	★	★	★	★	
4～6 時間					★	★	★
6～8 時間					★	★	★
8～9 時間			★		★	★	★
9～10 時間						★	★
10～11 時間					★	★	★
11～12 時間					★		

※実際の観測例がない条件では安全側に補間している。

（c）日中・夜間における気温水温差への依存性

	気温－水温（℃）							
	－4～－3	－3～－2	－2～－1	－1～0	0～＋1	＋1～＋2	＋2～＋3	＋3～＋4
日中	★	★	★					★
夜間		★	★	★	★		★	★

※実際の観測例がない条件では安全側に補間している。

波紋を特に鮮明に確認できる
波紋は確認できるがやや見えにくい
波紋は確認できるが見えにくい
波紋は確認できない
★　実際の観測より得られた結果

4.4　観測準備

4.4.1　画角設定

＜考え方＞

画角設定は、画像処理型流速測定法において最も重要な項目である。

画像処理型流速測定法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設定する必要がある。併せて、画角内の標定点の設置箇所、標定点の種類まで考慮することが望ましい。

＜標　準＞

画像処理型流速測定法を実施する上での画角設定方法は以下を標準とする。

- 計測範囲及び両岸の標定点や標定点として使用可能な既設構造物等をカメラ画角内に収める
- ズーム機能も用いて、空やその他の流速・流量算出に係わらない部分はできるだけ画角内に入れない
- 画像処理型流速計の場合、樹木や雑草が成長して撮影画像内に写り込むと解析の障害になる。適宜、伐採するなどの対応をしなければならない

＜推　奨＞

画像処理型流速測定法を実施する上での画角設定は以下の事項を考慮することが望ましい。

- 俯角をできるだけ大きくする
- 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とする
- 流速計測範囲ができるだけ画面中央に来る画角とする
- 大規模な洪水では予期せず標定点が水没する場合があるため、標定点として使えそうな既設構造物等は可能な限り多く入れる
- 流向に対して直交方向を撮影する画角とする

＜解　説＞

以下の例のように、手前側の水際を画角内に入れず、空など流速・流量算出に関係ない部分を画角内に入れてしまう場合がある。この場合、左岸に標定点を取れない画角となっており、幾何補正精度が低下し、流速・流量算出精度も低下する。

画像解析に不要な部分を除き、できるだけ左右岸水際までを画角内に収めるよう努める。

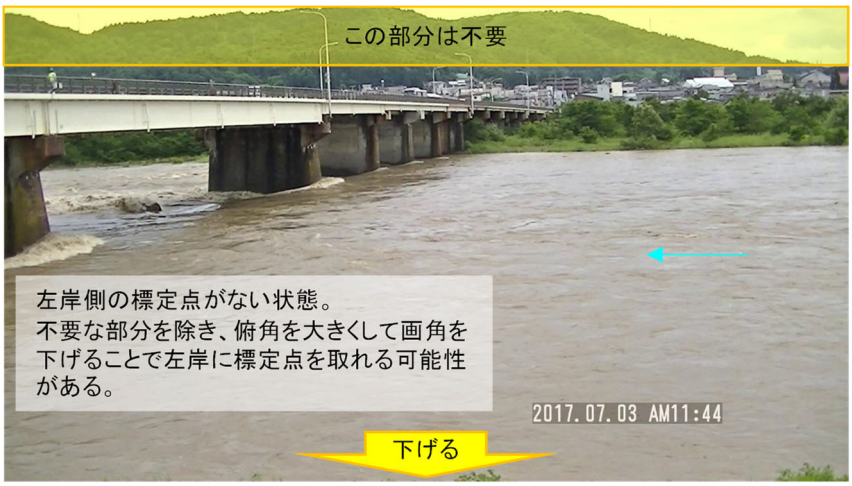


図 4-8　不適切な画角設定例

(1)　高感度カメラ等の画角設定方法（流速測定範囲の設定）

＜考え方＞

高感度カメラの画角設定では、「**4.4.1 画角設定**」で示した通常の画角設定に加えて、周辺環境にある光源の位置等を考慮して画角を設定することが望ましい。

・夜間撮影時に、橋梁の外灯、車のヘッドライト、建物の明かり等の周辺環境の光源によって水面とのコントラストが強くならないように画角調整を行う。

＜推　奨＞

STIV を実施する上での高感度カメラの画角設定は、俯角をできるだけ大きく設定することが望ましい。

・空などの部分をできるだけ画角から排除し、画角内で明暗調整を行う。
・観測対象はできるだけ画面の中央に置くようにするが、それによって画面上端に空の空間が多くなるのを避ける。

＜解　説＞

空が画角内に入ると、奥行き方向の撮影範囲は広くなり解析精度が低下する。対岸の空はできるだけ画角から排除するように俯角をできるだけ大きく調整し、画角内の明暗調整を行うことが望ましい。

(2) CCTV カメラの画角設定方法（流速測定範囲の設定）

＜考え方＞

CCTV カメラは既存の空間監視用 CCTV カメラを使用する場合が多く、必ずしも最適な画角を設定できない場合がある。カメラの設置位置において可能な限り適切な画角に設定し、その画角での観測の限界を把握しておくことが重要である。

＜解　説＞

1) STIV の画角設定

STIV は検査線上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 見通し断面、第 2 見通し断面のいずれか）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、水位は既存の水位計で計測でき、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 4-9 に STIV の画角設定における概念図を示す。高水流量観測地点近傍の CCTV カメラの画角は一般的に流向と直交方向に向けるのが望ましい。表 4-10 に具体的な事例を示す。併せて、図 4-9 以外のケースに対し、表 4-11 に具体的な事例を示す。

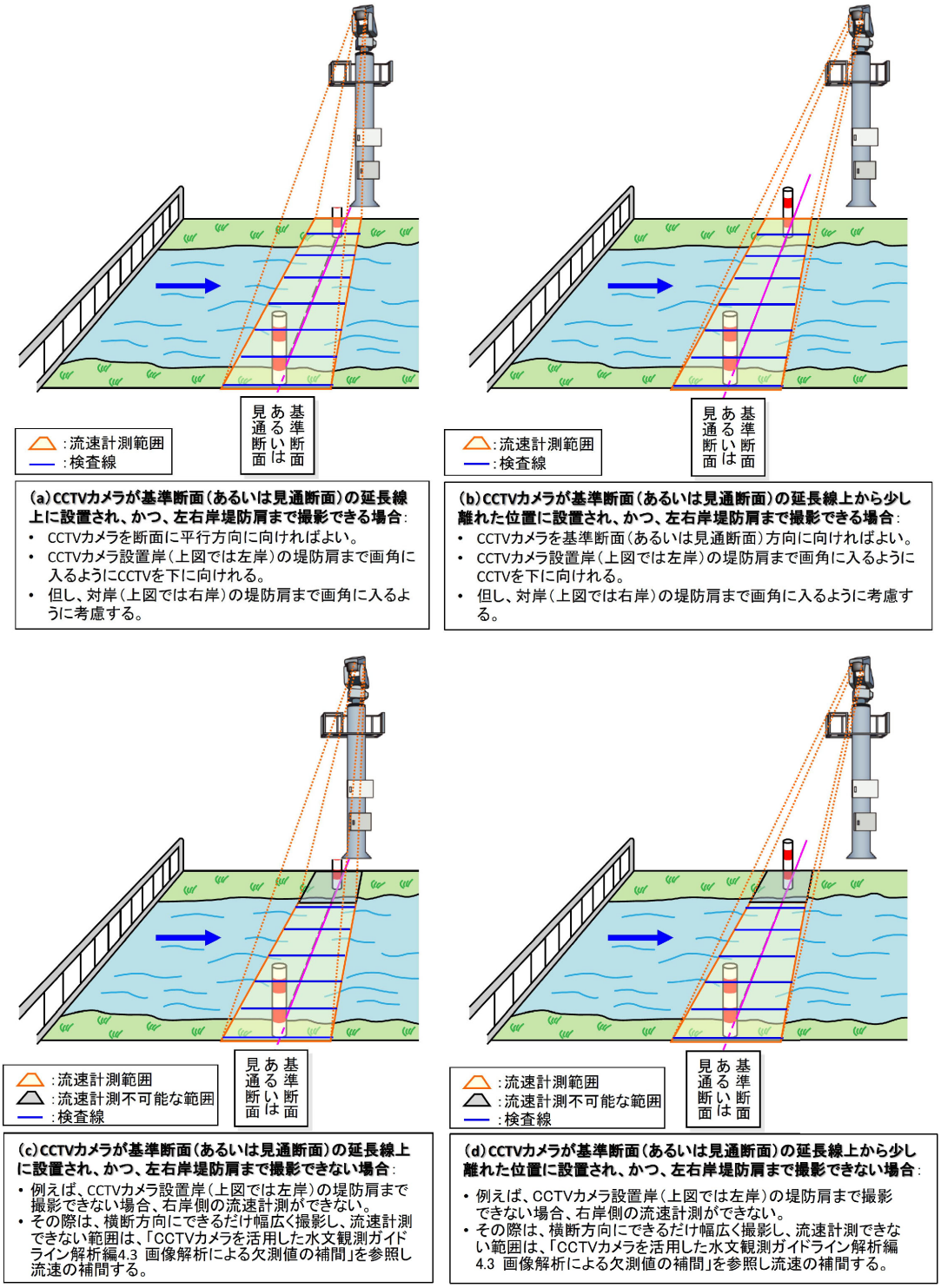


図 4-9　STIV の画角設定概念図

※CCTV カメラを活用した水文観測ガイドライン(流量観測偏)(案)解析編、平成 27 年、国土交通省

表 4-10　STIV の画角設定事例（1/4）（図 4-9（a）の事例）

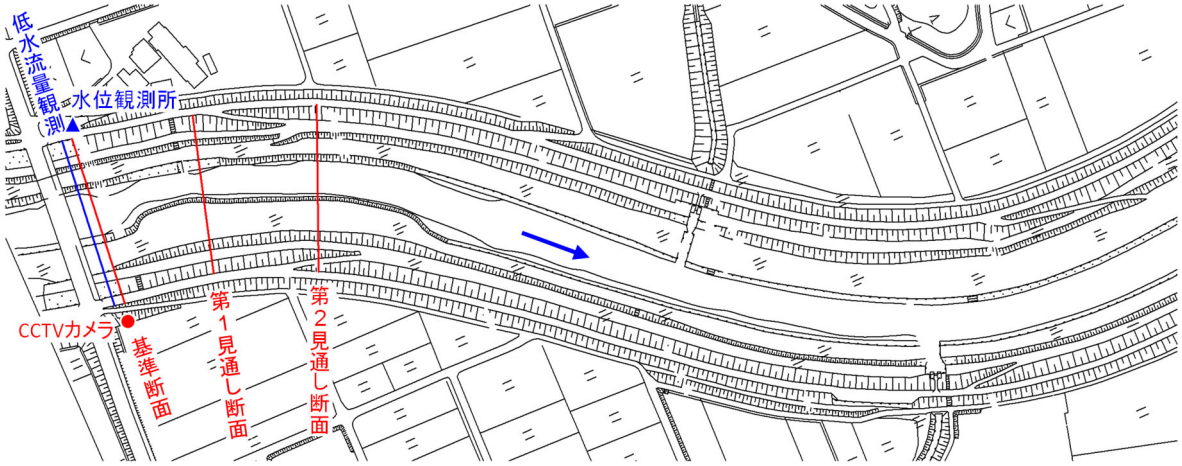
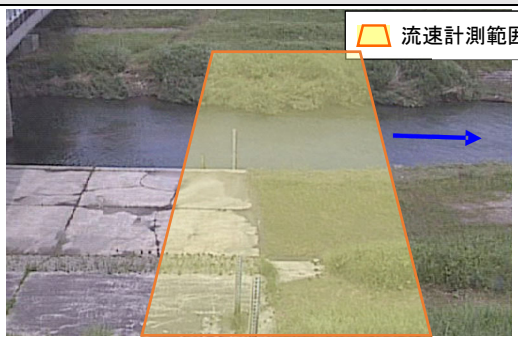
<table>
<tr><td colspan="2">観測所断面配置図</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td>プリセット画角（通常）</td><td>高水流量観測用のプリセット画角</td></tr>
<tr><td> </td><td> 
</td></tr>
<tr><td>高水流量観測用のプリセット画角へのプリセットの考え方</td><td colspan="2">・　CCTV カメラが基準断面の延長線上に位置しており、プリセット画角（通常）で基準断面を撮影しており、当初からほぼ STIV の設定画角の条件を満足
・　プリセット画角（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</td></tr>
</table>

表 4-10　STIV の画角設定事例（2/4）（図 4-9（b）の事例）

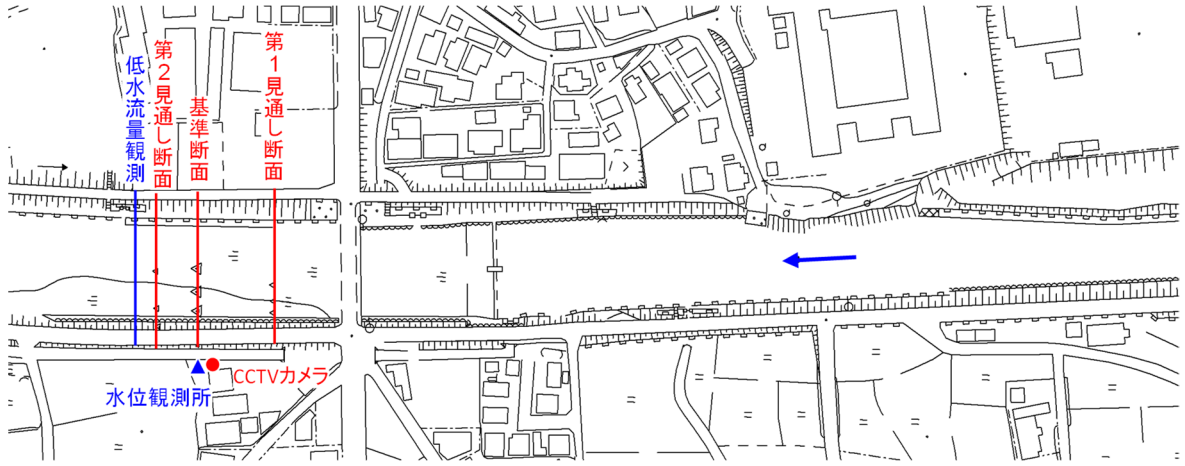
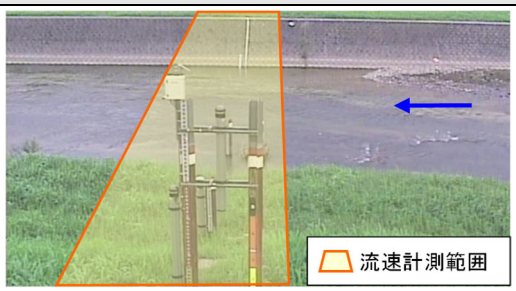
<table>
<tr><td colspan="2">観測所断面配置図</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td>プリセット画角（通常）</td><td>高水流量観測用のプリセット画角</td></tr>
<tr><td> </td><td> 
</td></tr>
<tr><td>高水流量観測用のプリセット画角へのプリセットの考え方</td><td colspan="2">・ CCTV カメラが基準断面延長線上よりも少し上流に位置するものの、プリセット画角（通常）で基準断面を撮影しており、当初から STIV の設定画角の条件（流速計測範囲、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</td></tr>
</table>

表 4-10　STIV の画角設定事例（3/4）（図 4-9（c）の事例）

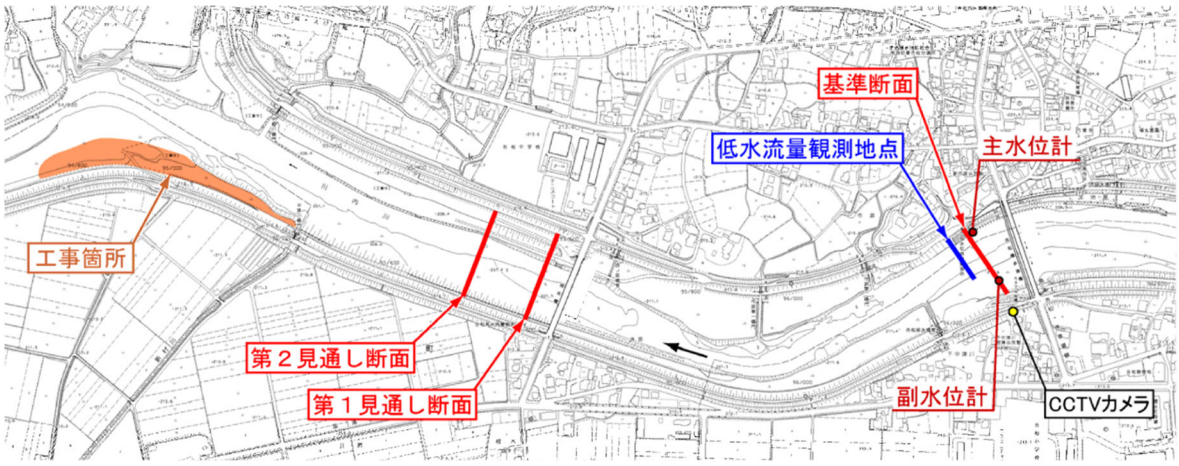
<table>
<tr><td colspan="2">観測所断面配置図</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td>プリセット画角（通常）</td><td>高水流量観測用のプリセット画角</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>高水流量観測用のプリセット画角へのプリセットの考え方</td><td colspan="2">・ CCTV カメラは基準断面延長線上に設置
・ プリセット画角（通常）は基準断面ではなく、上流の橋方向を撮影
・ CCTV カメラ画角を基準断面方向に画角を修正
・ 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</td></tr>
</table>

表 4-10　STIV の画角設定事例（4/4）（図 4-9（d）の事例）

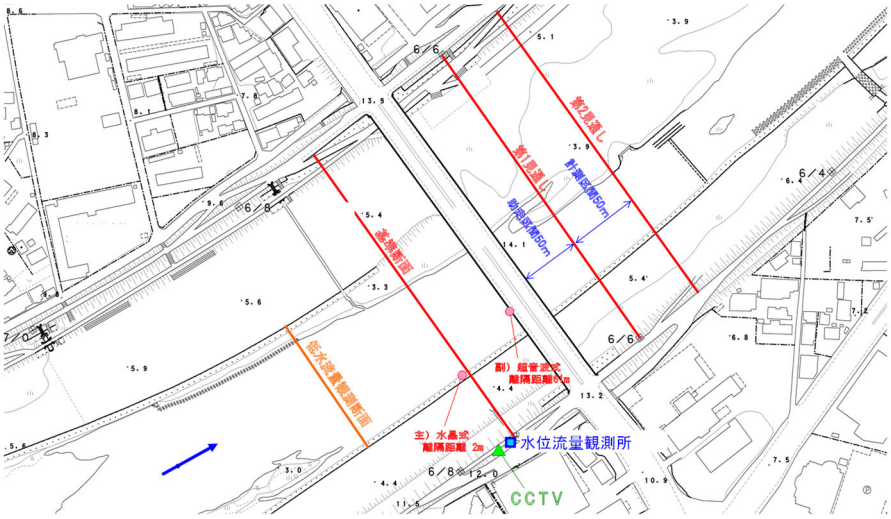
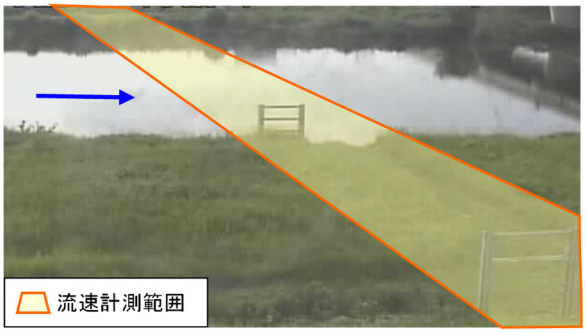
<table>
<tr><td colspan="2">観測所断面配置図</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td>プリセット画角（通常）</td><td>高水流量観測用のプリセット画角</td></tr>
<tr><td> </td><td> 
</td></tr>
<tr><td>高水流量観測用のプリセット画角へのプリセットの考え方</td><td colspan="2">・ CCTV カメラが基準断面延長線上よりも少し上流に位置し、プリセット画角（通常）では基準断面上流の橋を主体に撮影
・ CCTV カメラ画角を基準断面方向に画角を修正
・ 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</td></tr>
</table>

表 4-11　STIV の画角設定事例（1/2）（図 4-9 以外の事例）

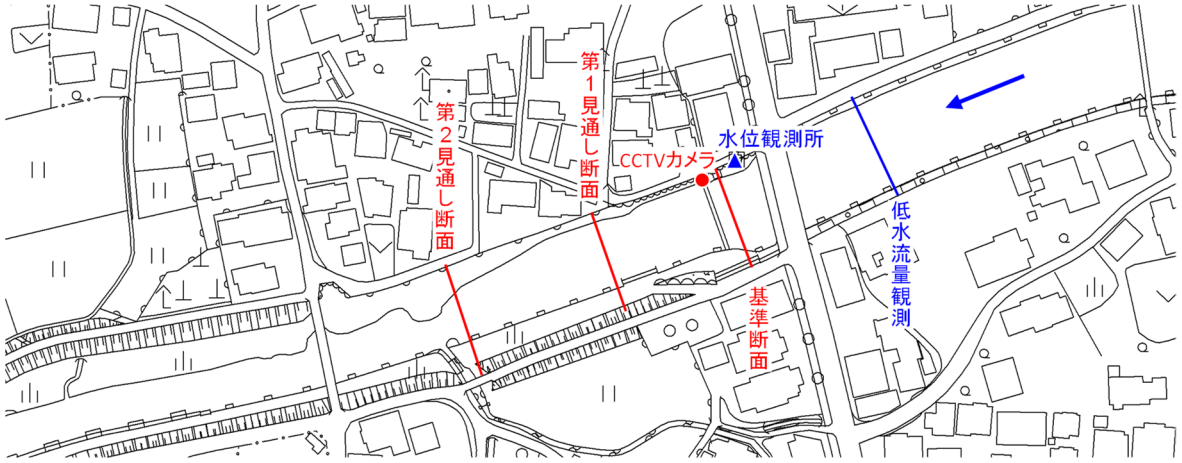
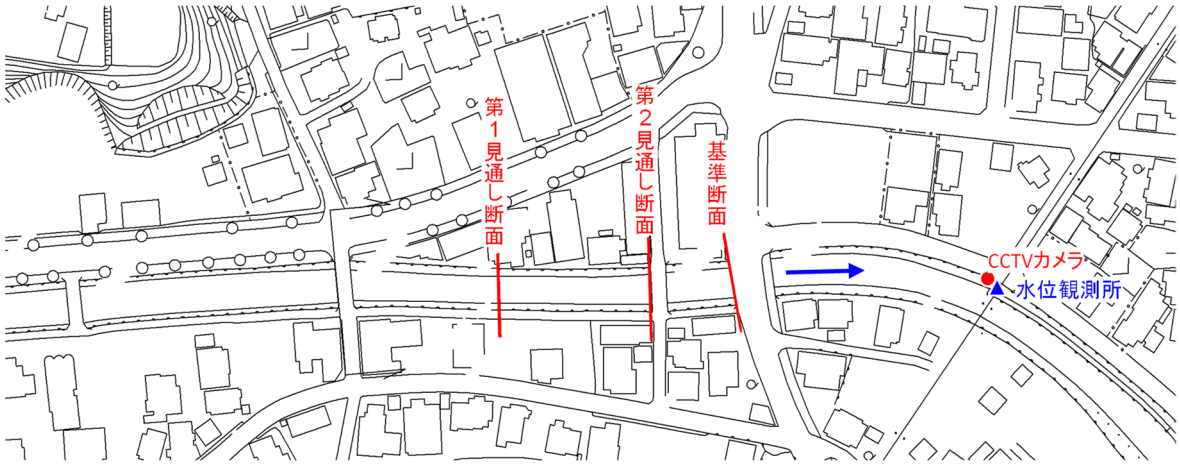
<table>
<tr><td colspan="2">観測所断面配置図</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td>プリセット画角（通常）</td><td>高水流量観測用のプリセット画角（流速計測範囲を修正）</td></tr>
<tr><td> </td><td>
</td></tr>
<tr><td>高水流量観測用のプリセット画角へのプリセットの考え方</td><td>・ CCTV カメラが基準断面延長線上よりも少しずれた位置に設置されており、プリセット画角（通常）では基準断面を撮影
・ 一方、プリセット画角（通常）では CCTV カメラ設置岸の右岸側の撮影できない範囲が広いため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</td></tr>
</table>

表 4-11　STIV の画角設定事例（2/2）（図 4-9 以外の事例）

<table>
<tr><td colspan="2">観測所断面配置図</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td>プリセット画角（通常）</td><td>高水流量観測用のプリセット画角</td></tr>
<tr><td> </td><td>
</td></tr>
<tr><td>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</td><td>・ CCTV カメラと基準断面（あるいは見通し断面）間距離が長い
・ かつ、図 4-9 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）</td></tr>
</table>

(3)　遠赤外線カメラの設置位置と画角設定

＜考え方＞

遠赤外線カメラの画角設定では、通常の画角設定方法と併せて、熱源からの遠赤外線の反射を考慮することが重要である。

＜解　説＞

カメラの設置高さ及び俯角は、遠赤外線の水面での反射角と遠赤外線カメラへの入射角を考慮して設置することが必要である（図 4-10）。熱源の位置・高さによっては、カメラの設置高を高くすることが望ましい場合や、逆に低くする方が望ましい場合があるため、現地状況に応じて設定する必要がある。

また、遠赤外線カメラ映像に対する河川構造物や付近のマンション等の熱源の重要性について示す（表 4-12）。赤外線カメラによる撮影においては画角内に熱源が得られるように撮影する必要があるが、対岸の構造物等を画角内に入れるためカメラ位置を低くした場合、水位が低い時は護岸によって熱源が得られるとしても水位の上昇によって護岸が見えなくなり熱源が消失する場合がある。観測対象とする水位以上から HWL の水位変動と周辺の熱源の有無を考慮して画角設定を行う必要がある。

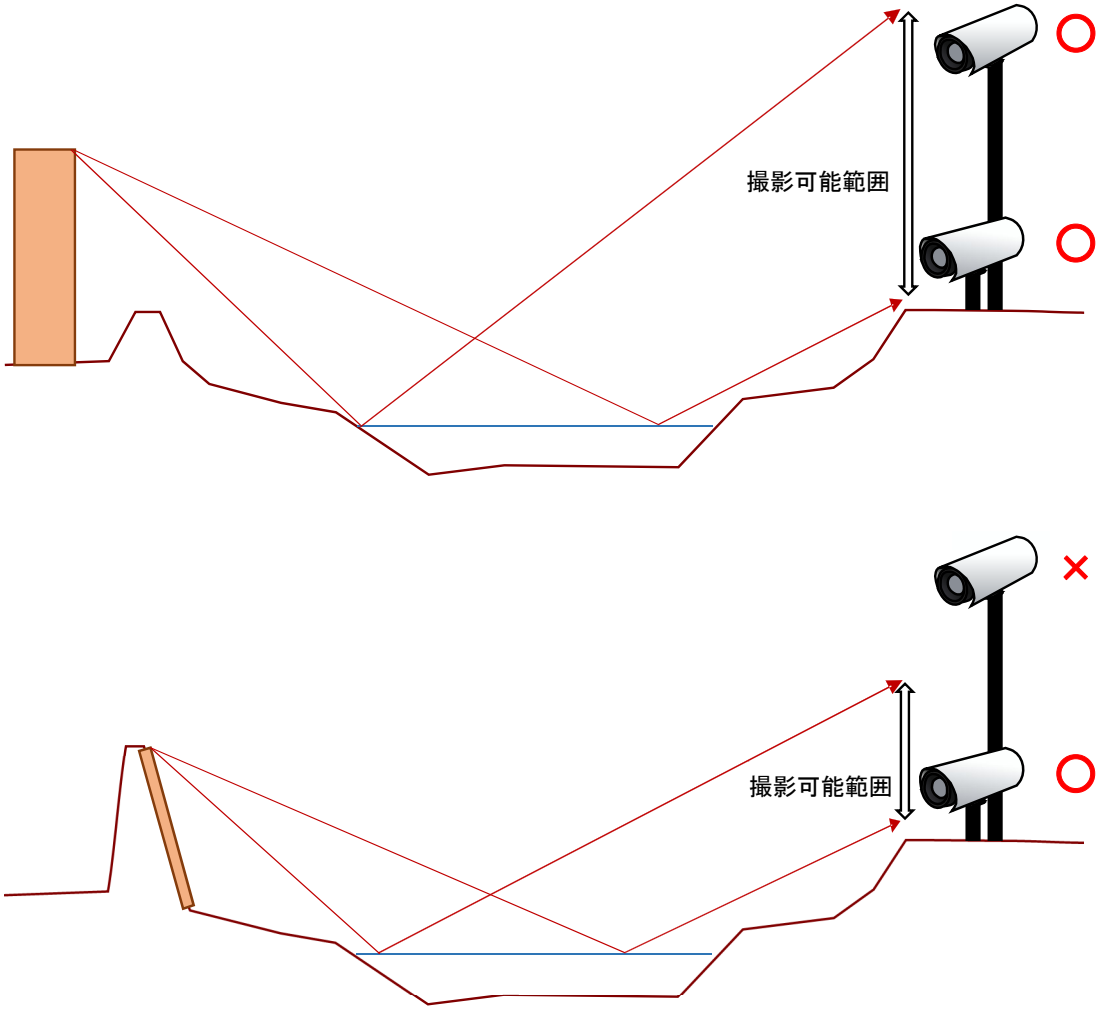


図 4-10　遠赤外線カメラの高さに係わる概念図

表 4-12　河川構造物等の熱源の有無による水表面の波紋の視認性の違い一覧（1/3）

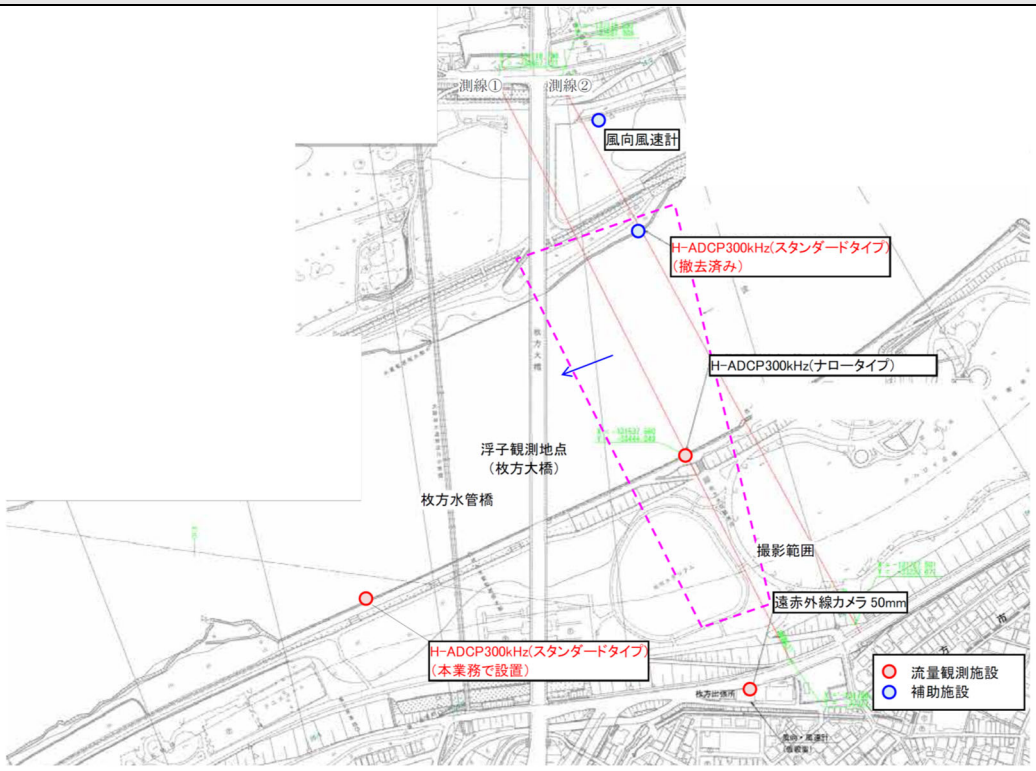
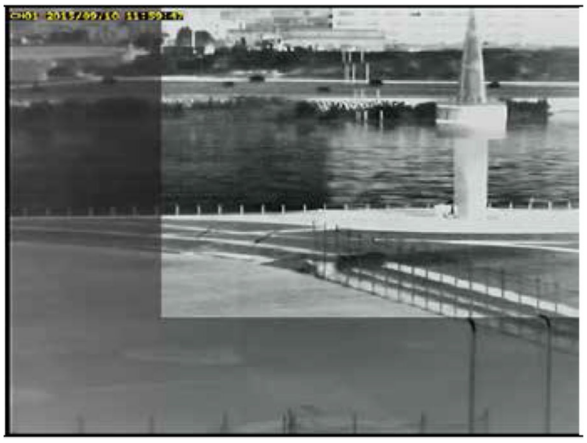
<table>
<tr><td colspan="2">平面図</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td>画像鮮明化装置がない場合</td><td>画像鮮明化装置がある場合</td></tr>
<tr><td>観測日時：平成 27 年 7 月 10 日　12:00</td><td>平成 27 年 9 月 10 日　12:00</td></tr>
<tr><td>遠赤外線カメラ映像</td><td>遠赤外線カメラ映像</td></tr>
<tr><td>
</td><td>  </td></tr>
<tr><td colspan="2">評価</td></tr>
<tr><td colspan="2">・　左側の映像は対岸にマンションがある映像。熱源となるマンションからの赤外線放射により水面の波紋視認が可能。
・　右側の映像は、左側の映像に画像鮮明化装置を用いたもの。画像鮮明化装置を用いれば、周囲に河川構造物等の遠赤外線の放射が少ない場合にも水面の波紋を視認可能。</td></tr>
</table>

表 4-12　河川構造物等の熱源の有無による水表面の波紋の視認性の違い一覧（2/3）

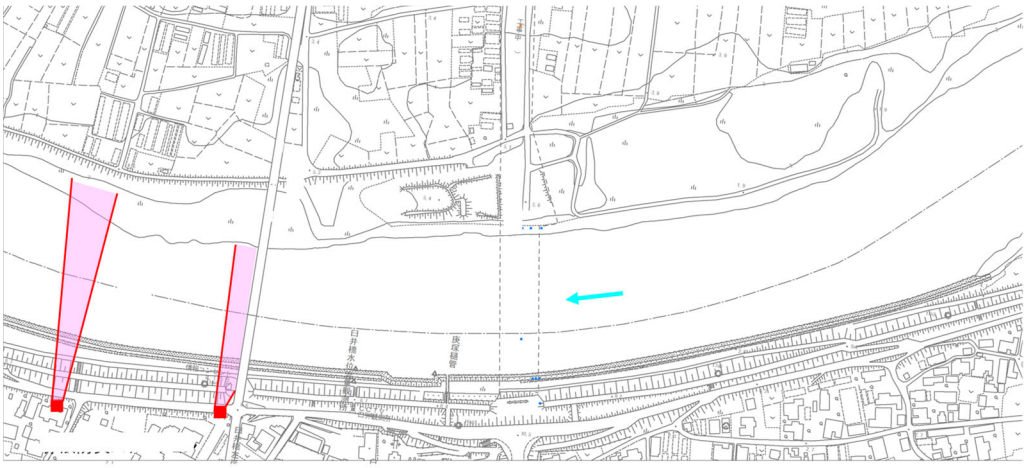
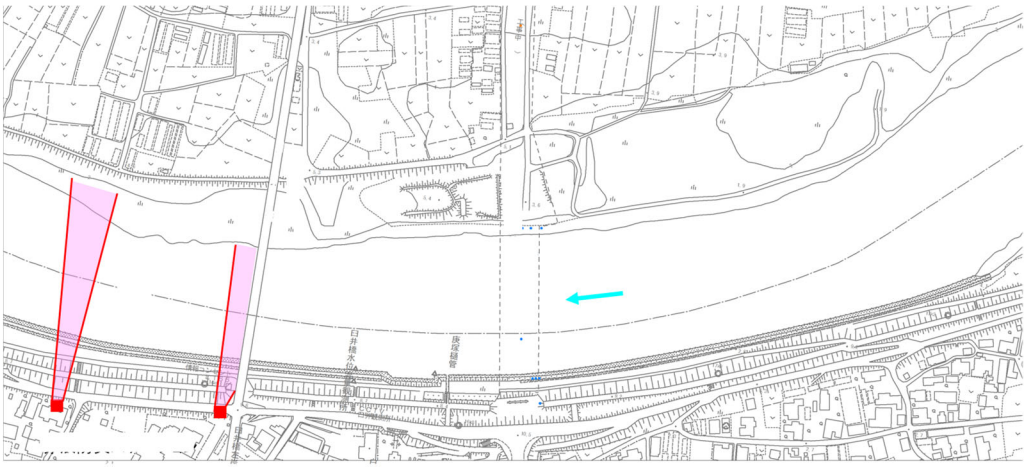
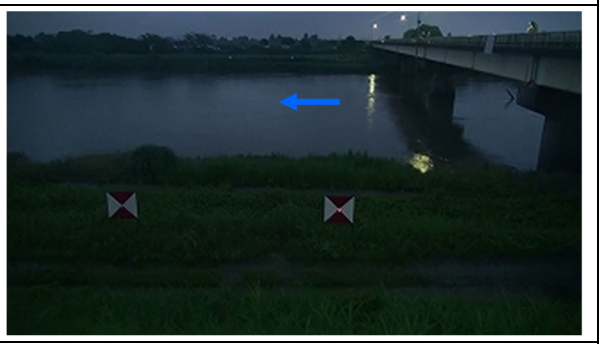
<table>
<tr><td colspan="2">平面図</td></tr>
<tr><td colspan="2">  </td></tr>
<tr><td>熱源がない場合</td><td>熱源（橋梁）がある場合</td></tr>
<tr><td colspan="2">観測日時：平成 25 年 6 月 19 日　3 回目</td></tr>
<tr><td>ビデオカメラ映像</td><td>ビデオカメラ映像</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>遠赤外線カメラ映像</td><td>遠赤外線カメラ映像</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td colspan="2">評価</td></tr>
<tr><td colspan="2">・　右側の映像は熱源として橋梁があるが、左側の映像には熱源がない。
・　左側の映像でも水面の波紋を視認することができる。これは、昼間であり周囲からの熱源の効果のためである。</td></tr>
</table>

表 4-12　河川構造物等の熱源の有無による水表面の波紋の視認性の違い一覧（3/3）

<table>
<tr><td colspan="2">平面図</td></tr>
<tr><td colspan="2">  </td></tr>
<tr><td>熱源がない場合</td><td>熱源（橋梁）がある場合</td></tr>
<tr><td colspan="2">観測日時：平成 25 年 7 月 13 日　2 回目</td></tr>
<tr><td>ビデオカメラ映像</td><td>ビデオカメラ映像</td></tr>
<tr><td> </td><td>  </td></tr>
<tr><td>遠赤外線カメラ映像</td><td>遠赤外線カメラ映像</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td colspan="2">評価</td></tr>
<tr><td colspan="2">・　左側の映像は熱源として橋梁があるが、右側の映像には熱源がない。
・　一右側の映像では水面の波紋を視認することが困難である。これは、夜間であり周囲からの熱源の効果がほとんどないためである。</td></tr>
</table>

4.4.2　標定点の設置

＜考え方＞

カメラ映像を用いて STIV によって流速を算出する際、カメラ画像上での位置の移動を実空間での位置の移動に変換する必要がある。座標の変換においては、斜めに撮影したカメラ画像を真上から見た画像に変換する必要があり、そのため実空間での位置座標が既知の標定点が撮影されたカメラ映像を用いて座標変換を行う。標定点は、この変換のために設置されるものである。

＜解　説＞

高感度カメラ、CCTV カメラ、遠赤外線カメラ映像は、垂直航空写真のように河川の真上から撮影した映像ではなく、一般的に、斜めから撮影された画像である。

このようなカメラ映像を用いて画像処理型流速測定法による流速算出を実施する場合、必ず録画映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 4-11）。その際に、標定点（座標のある目印）の録画像上位置と実空間での位置から算出する。

本手引き（案）では、カメラを所定の位置に固定し、常時設置の形態で観測を行うことを想定しており、標定作業はカメラを設置した時に実施する。なお、保守作業等によるカメラの取り外し、画角の変更を行った場合には、再度標定を行う必要がある。また外力により地形が変化した場合、標定板が流失した場合、標定点が画角から著しくずれた場合にも水位が低く安全に作業が行える時期に再度標定を行う必要がある。なお、既設構造物等に標定点を置き、座標が復元できれば標定点を存置する必要はない。

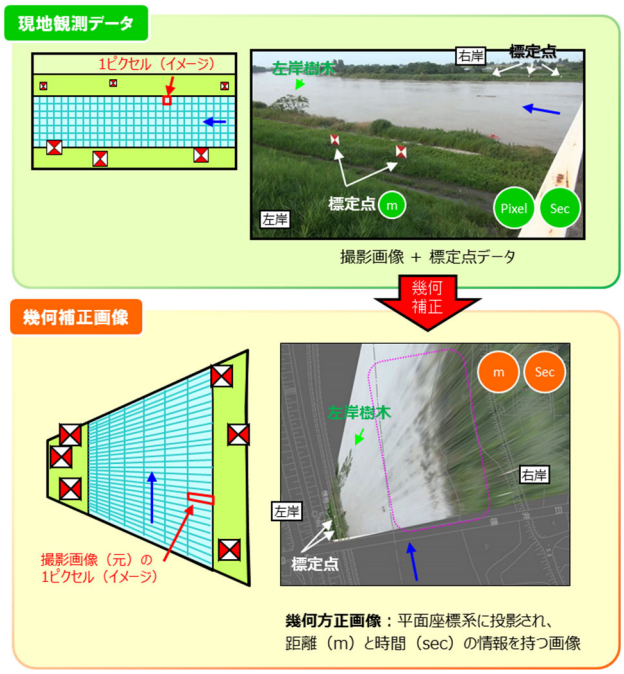


図 4-11　幾何補正の概念図

(1) 標定点の配置

＜標　準＞

標定点の設置は、下記の点に留意して配置することを標準とする。

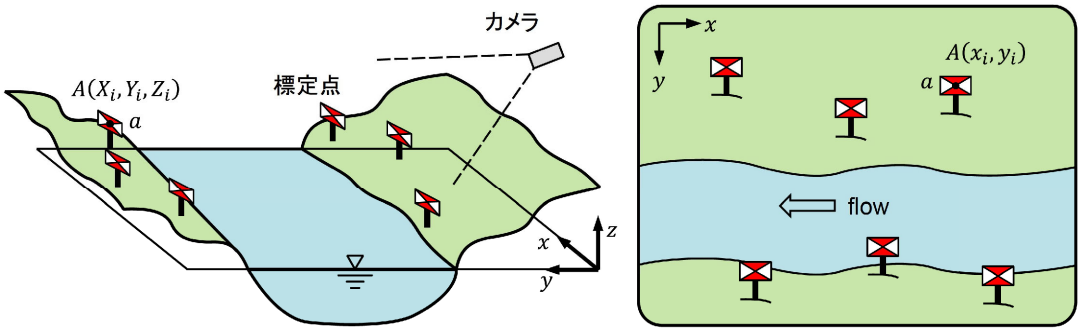
1. 流速計測範囲周辺部の手前、対岸などに少なくとも 6 点、可能であれば 10 点程度配置する。予期せず標定点が浸水、流出する場合があるため、多いほど確実性が高くなる。
2. 標定点の配置は、流速計測範囲の周辺部に満遍なく（均等に）配置され、かつ、平面・鉛直方向の両方向にジグザグに標定点を配置することが望ましい。
3. 対岸、遠方の標定点はカメラ画像上で視認がしにくいため、確実に確認可能な対象物を標定点として設定する。
4. 標定点を画面の端（縁）に設置した場合、カメラレンズの歪みの影響を受ける可能性がある。このため、標定点はできるだけ画面の中心部に配置し、画面の端（縁）に相当するところには配置しないようにすることが望ましい。

＜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カメラ映像を真上からみた映像に変換し、映像上の位置から平面上の座標を得る必要がある。この幾何補正は、カメラ映像上に「長さ」という物理量をあてはめることにもなる。

幾何補正を実施する際は、物理座標（実空間座標）とカメラ映像上の座標（画像座標）がそれぞれ既知である“点”すなわち標定点を用いる（図 4-12）。



(a)物理座標(X,Y,Z)　　(b)画像座標(x,y)

図 4-12　標定点の物理座標と画像座標の関係図

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カメラ映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網羅的に、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 4-13）。

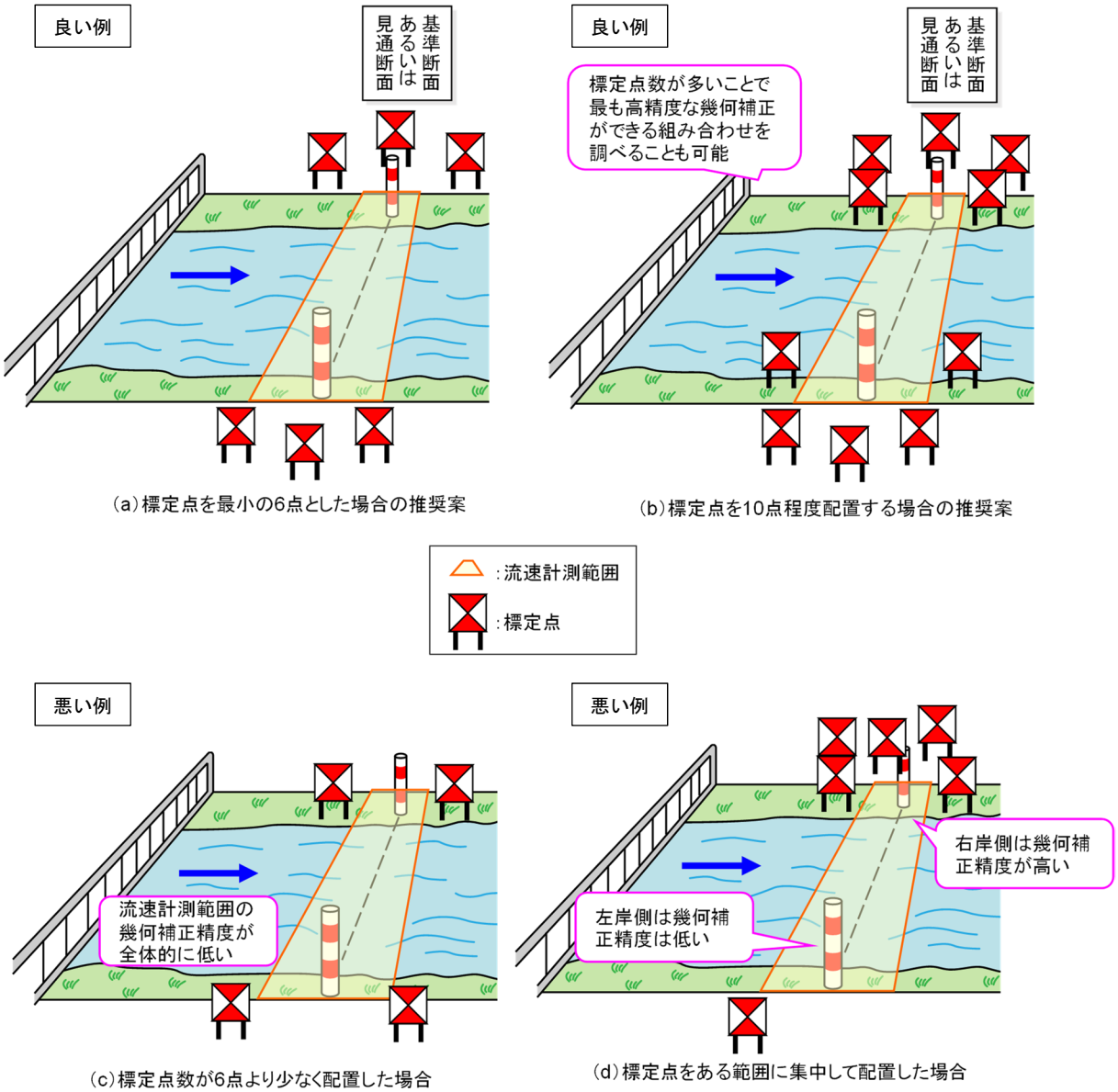


図 4-13　標定点配置の概念図

(2) 標定点の設置・測量工程

＜標　準＞

標定点設置・測量は、出水前と出水後のどちらでもよいが、可能な限り出水前に実施する。

(3) 標定点の種類

＜標　準＞

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。

視認性を考慮し、②はカメラ設置岸に、③はカメラ対岸に用いられることが想定される。

また、標定点の視認性向上のため、高感度カメラ、CCTV カメラについては LED のソーラーライト、遠赤外線カメラについては熱放射が 0 となるサーマルシートを活用することが望ましい。

＜解　説＞

標定点を設置する場合、現場作業労力の軽減を目的として、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視認しやすい。

測量赤白ポール・木杭はそのサイズが小さいためカメラ映像上で視認しづらいことが想定される。その際は、市販の作業用ライトや遠赤外線カメラの場合にはサーマルシートを活用することが望ましい。

高感度カメラ、 CCTV カメラについては LED のソーラーライト、遠赤外線カメラについては熱放射が 0 となるサーマルシートを活用することが望ましい。

特に、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。高感度カメラ、CCTV カメラ、及び赤外線カメラで視認しづらい場合は市販の作業用ライト、遠赤外線カメラ映像上で視認しづらい場合はサーマルシート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。

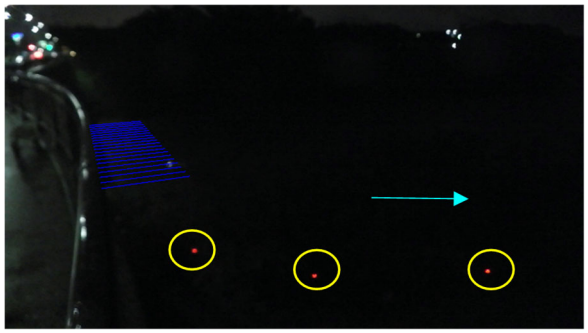
- 標定点は高さ 90cm×幅 90cm として、3 本の 50cm の足を固定する。
- 中央に×印を書き、その上下を赤色に、左右を白色に塗りつぶす。ここで、×に書く理由は、×印中心部を標定点座標（三次元座標を測量）とするため、赤色と白色で×印を描くことでその位置を明確にするためである。

なお、既設構造物に標定点を設置することでカメラ画角がズレた場合に既設構造物が補正に利活用できる。

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。

- 基準断面、第 1 見通し断面、第 2 見通し断面の 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）

表 4-13　標定点への LED ライト及びサーマルシートの設置例

LED ライト	サーマルシート
	
・ 標定点の中央に LED ライトを設置している。	・ 標定点の中央にサーマルシートを貼り付けている。

＜例　示＞

従来の標定点測量の作業が不要な幾何補正手法について、近年開発が進められており、川幅が非常に大きい河川や河川区域に立ち入ることのできない急峻な河川等、標定点を設置できない場合等での利用が考えられる。ただし、令和 4 年 3 月現在、実証事例が少ないため、参考資料の紹介にとどめる。

＜参考となる資料＞

1) 小林範之・渡邉明英・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・渡邉明英・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・渡邉明英・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 観測方法

4.5.1 高感度カメラ

(1) 出水時のカメラの設置及び撮影

＜標　準＞

高感度カメラは、画像解析の観点に留意して設置する必要がある。

【出水時のカメラの設置】

出水時には、「**4.4.1　画角設定**」に準じて、適切な画角で撮影可能な位置に高感度カメラを設置する。

【撮影時間】

・ STIV 法による解析を行うために必要な映像の時間は 30 秒程度撮影する。

【撮影時の注意点】

毎観測時に、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）の記録を行い、撮影時間が確保できているかの確認を行う。

時刻の記録には、以下のどちらかの手法が確実である。

・ 高感度カメラ内蔵の時計を日本標準時に合わせ、録画映像上にも記録する設定で撮影する。
・ カメラの時刻を日本標準時に合わせ、水位計の計測時間と同期させることで確実な撮影時刻の記録が可能である。

＜解　説＞

洪水時の映像をできるだけそのまま画像解析に用いることができるようにするため、撮影時間や撮影時刻を適正に把握する必要がある。

撮影時間については、画像処理型流速測定法用には 30 秒間程度で十分であるが、観測所の特性や流況を考慮して調整する。長時間継続して撮影する必要はなく、長時間録画した場合には画像計測のために画像の切り出しを行う必要がある。

表 4-14　高感度カメラによる録画時間

手法	1 解析あたりの撮影時間
STIV	・ STI の検査線長を洪水の代表流速で除した時間 ・ 観測回毎に連続した 30 秒間程度の録画時間で水表面流速計測が可能であるが、観測所の特性や流況を考慮して調整する ・ 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

(2) 出水時の録画映像の保存

＜標　準＞

高感度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。

・高感度カメラの観測所名

・洪水名

・記録開始時刻と記録時間（年月日、時刻は秒まで記録できる機種を使用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高感度カメラ映像を用いて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高感度カメラ映像の保存を行う。

4.5.2 CCTV カメラ

(1) 出水時のカメラの設置及び撮影

＜標　準＞

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。

【動画撮影時間】

- STIV 法の場合：30 秒間程度を目安とし、観測所の特性や流況を考慮して調整する

【撮影時の注意点】

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、画角が変更されている場合がある。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の確認
- CCTV カメラ動画を録画しているかの確認
- 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
- 観測用の映像を自動撮影する場合は、10 分に 1 回 30 秒程度の映像を記録するように設定する。河川の特性によって流量変化が大きい場合は必要に応じて撮影間隔を短くする

＜解　説＞

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 4-15　CCTV カメラ動画の録画時間

手法	1 解析あたりの撮影時間
STIV	・ STI の検査線長を洪水の代表流速で除した時間 ・ 一般的に 30 秒間程度の録画時間で水表面流速計測が可能であるが、観測所の特性や流況を考慮して調整する ・ 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

また、CCTV カメラについては、出水中の使用目的の画角とプリセット画角との切り替えに留意する必要がある。

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 4-15 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 カメラの画角が変更される事を想定し、CCTV カメラ機器に下記の様な張り紙などを用いる等により、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が必要である（図 4-14）。

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にお願い致します。

カメラ名■■■■は●番プリセットに戻してください。

図 4-14　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ない場合が多い。

このため、図 4-15 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 30 秒程度、高水流量観測用のプリセットで録画できればよい。

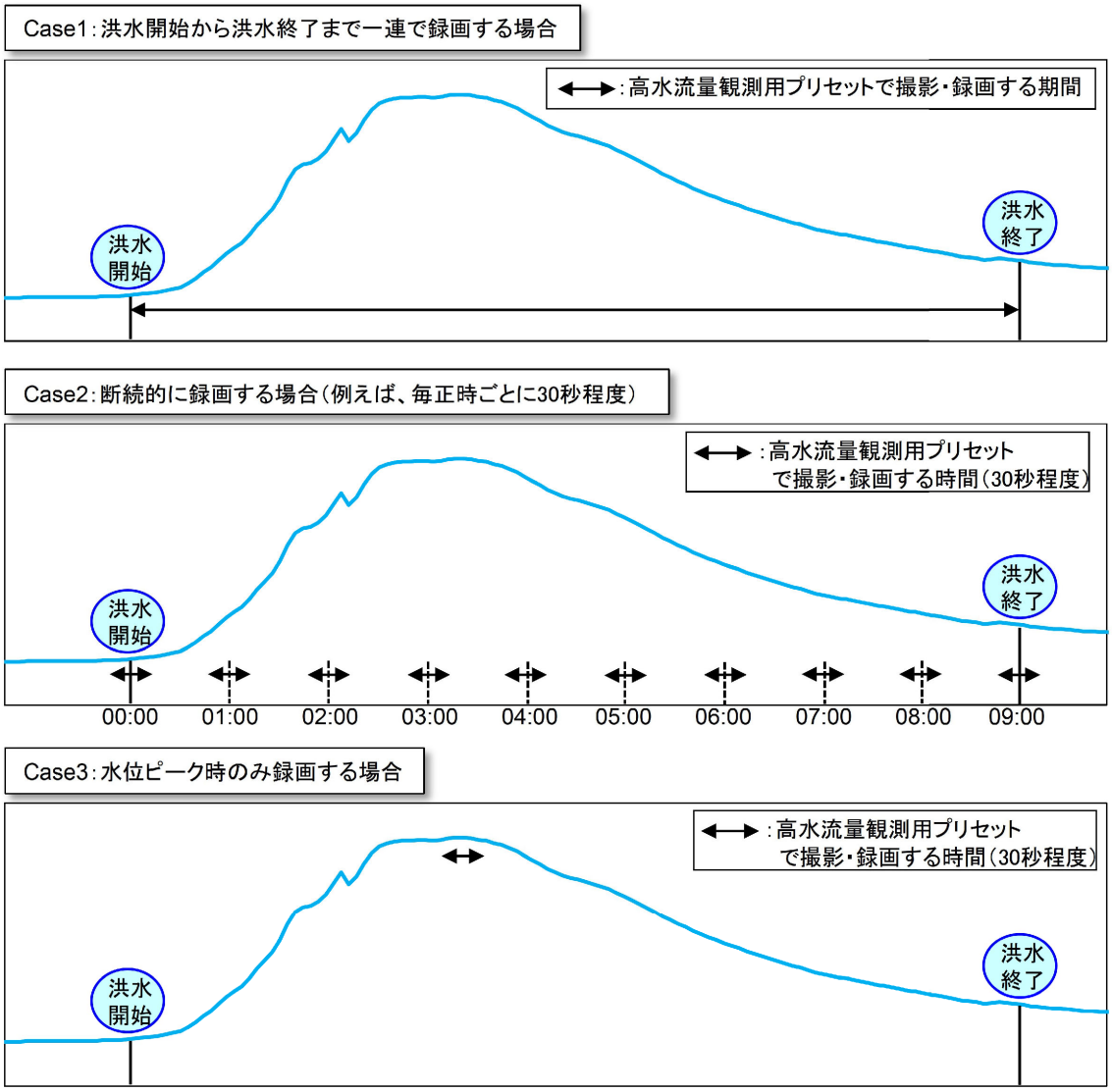


図 4-15　高水流量観測用のプリセット画角で撮影する事例

(2) 出水後の録画映像の保存

＜標　準＞

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。なお、データの保存は、原則、オリジナル画像を圧縮しない。

・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。

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。

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。

4.5.3 遠赤外線カメラ

(1) 出水時のカメラの設置及び撮影

＜標　準＞

固定設置していない遠赤外線カメラは、画像解析の観点及び遠赤外線カメラの特徴に留意して設置する必要がある。

【出水時のカメラの設置】

出水時には、「**4.3　観測位置の選定**」及び「**4.4.1　画角設定**」に準じて、遠赤外線カメラの設定を行う。

【撮影時間】

1 観測あたり 30 秒間程度を目安とし、観測所の特性や流況を考慮して調整する。

【撮影時の注意点】

毎観測時に、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）の記録を行い、撮影時間が確保できているかの確認を行う。

カメラの時刻を日本標準時に合わせ、水位計の計測時間と正確に同期した撮影時刻の記録が可能である。

(2) 出水時の録画映像の保存

＜標　準＞

遠赤外線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。

・遠赤外線カメラの観測所名

・洪水名

・記録開始時刻と記録時間（年月日、時刻は秒まで記録される機種を使用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遠赤外線カメラ映像を用いて STIV 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遠赤外線カメラ映像について保存を行う。

4.6　幾何補正

＜考え方＞

幾何補正とは、ピクセル・時間情報しか持たない現地での録画像から、流速（m/s）を算出するために、標定点データを用いて座標変換を行い、距離（m）と時間（sec）の情報を持つ画像に変換することをいう（図 4-16）。幾何補正はすべての画像解析手法に必要な事前準備となる。

幾何補正は幾何補正ソフトを用いて行う事を想定し、ここでは詳細な幾何補正手法の記載はしない。

図 4-16　幾何補正による現地観測データの変換

4.6.1　幾何補正精度

＜考え方＞

画像処理型流速測定法による流速解析を実施する際、カメラ動画は一般的に斜めから撮影された動画である。これを真上から撮影した動画に変換するために、カメラ動画上の座標（画像座標）と物理座標の対応関係を明らかにしなければならない。

この一義的な対応関係を明らかにすることを幾何補正と呼ぶ。

＜標　準＞

標定点の座標を用いて行う幾何補正は、流速計測の精度に影響するため幾何補正では以下の精度を担保することを標準とする。

【高精度な流速計測に直接影響する評価項目】

流下方向の標定点間距離の誤差　　5%以内

【高精度な流速計測に影響する評価項目】

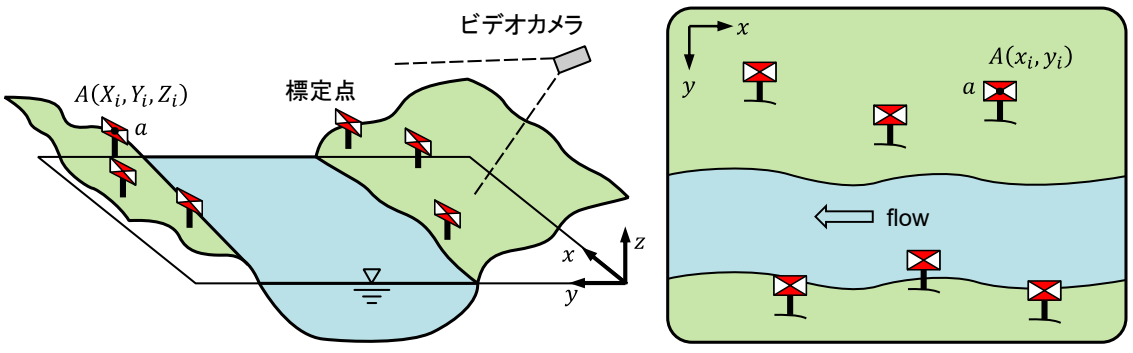
横断方向の標定点間距離の誤差　　5%以内

標定点による多角形の閉合誤差　　5%以内

＜解　説＞

画像の幾何補正を行うには、撮影画像上に既知点を設置し(標定板等)、標定測量を行って画像上の物理座標(3 次元の空間座標で通常は測量座標系を使用する)と撮影された画像の座標上(CRT 座標上) での同一の標定点の対応関係を示す座標変換の連続方程式を満たす最も誤差の少ないパラメータを選定する。(**図 4-17**)。

幾何補正は、カメラを固定して撮影するように画角が変わらなければ、そのパラメータを用いることができる。カメラの撮影姿勢を変更すれば再度幾何変換を行う必要がある。幾何補正の精度は、流速解析の精度に影響するため、事前にカメラのひずみ等を補正することが望ましい。事前に幾何補正することで解析実施者による流速観測の誤差、影響を排除することが可能である。



(a)物理座標(X,Y,Z)　　(b)画像座標(x,y)

図 4-17　標定点の物理座標と画像座標（CRT 座標）

画像処理型流速測定法では、流下方向流速を算出するため流下方向の標定点間距離の誤差は、直接、流速計測誤差になる。

河川砂防技術基準（調査編、p.第 2 章 第 4 節-10、令和 4 年 6 月）によれば、流速計の検定について、流速センサが必要とする精度は、河川流量観測の目的を踏まえ、測定対象とする流速範囲において、少なくとも 5%以内を確保しなければならないとしている。画像処理型流速測定法の流速計測誤差について、これを基準として、流下方向の流速計測誤差を 5%以内と設定した。

横断方向の標定点間距離の誤差、標定点による多角形の閉合面積誤差についても同様に 5%以内と設定した。表 4-16 に幾何補正結果一覧例を示す。

幾何補正誤差の算出方法は以下のとおりである。

【流下方向の標定点間距離】

概ね同じ横断位置にある標定点のうち、最も上流にある点（例の R04）と下流にある点（例の R01）の、測量による座標値（物理座標）と幾何補正後に得られる座標値（画像座標）での 2 点間の距離を比較する。流下方向の標定点間距離は、左右岸両岸ともに比較し、基準以内（5%以内）となることを確認する。

【横断方向の標定点間距離】

概ね同じ縦断位置にある標定点のうち、最も左岸側にある点（例の L03）と右岸側にある点（例の R02）の、測量による座標値（物理座標）と幾何補正後に得られる座標値（画像座標）での 2 点間の距離を比較する。

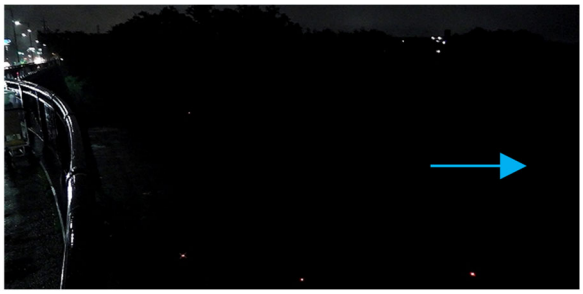
【多角形の閉合面積】

測量による座標値（物理座標）から形成される多角形と幾何補正後に得られる座標値（画像座標）から形成される多角形の面積を比較する。

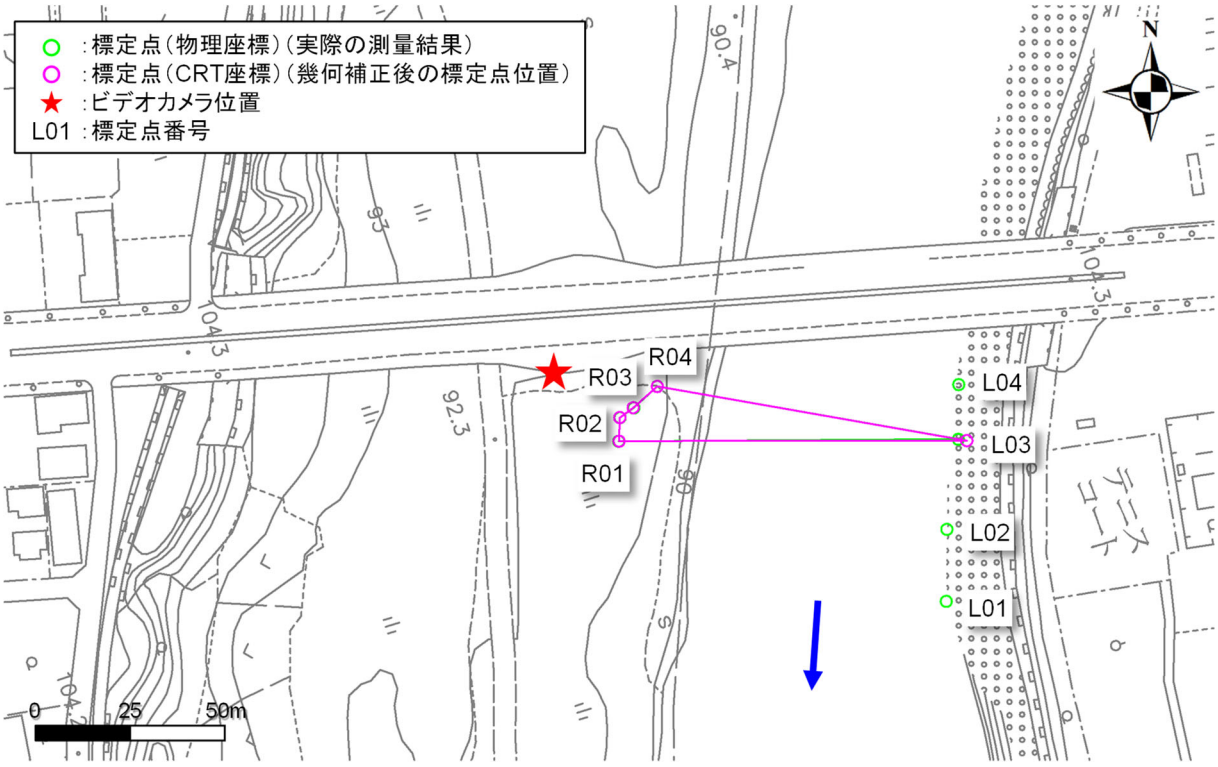
表 4-16　幾何補正結果一覧

カメラ種類	ビデオカメラ

撮影画像



平面図



幾何補正で使用した標定点	L03、R01、R02、R03、R04	流下方向の誤差で使用する標定点	R01、R04
横断方向の誤差で使用する標定点	L03、R01	多角形閉合面積で使用する標定点	L03、R01、R02、R03、R04

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

幾何補正誤差（%）

流下方向距離	0.40	横断方向距離	2.40	多角形閉合面積	2.43

4.7　流速算出

4.7.1　画像解析手法（STIV）

＜標　準＞

画像処理型流速測定法のうち STIV を採用する場合、その検査線の位置、長さ、時間は以下を標準とする。

1. 検査線の位置と検査線の本数

検査線の位置は、検査線の中心が流量を算出する横断面上になり、かつ、流量を算出する横断面に対し直交するように配置する。

表 4-17　水面幅に対応した浮子流速測線の目標数

水面幅	20m 未満	20～100m 未満	100～200m 未満	200m 以上
浮子流速測線数	5	10	15	20

出典：水位及び流量調査作業規程準則（昭和 29 年 10 月 9 日総理府令第 75 号）

2. 検査線の長さ

検査線の長さは、現地の河川の規模によって異なってくる。基本は、撮影画像内で一様流と見なせる水面上でできるだけ長く設定するのがよい。一般的には、小規模河川では数ｍ、中規模河川では 10～20ｍ、大規模河川では 20～30ｍになることが多い。

3. 撮影時間

撮影時間は、現地の河道特性・流況に合わせて設定する。なお、令和 4 年 3 月時点では、特に大きな流況の変化等がない場合、30 秒程度で問題ないという研究実績がある。

STI に現れる波紋の縞模様の傾きは、15～75 度の範囲であれば精度が保たれる。近年ＡＩ（深層学習）解析の開発が進んだことにより、自動で解析可能となる場合もある。

＜解　説＞

STIV により流速を算出する場合、検査線の設定する位置、検査線の長さ、時間は流速の算出精度に影響を及ぼす。

(1) 検査線の位置

検査線の位置は、検査線の中心が流量を算出する横断面上になり、かつ、流量を算出する横断面に対し直交するように配置する。

(2) 検査線の本数

検査線の本数は、浮子測法における標準法に相当する本数（表 4-18）を標準とし、可能であればその本数を上回るように配置することが望ましい。

検査線の本数が増えることで、詳細な水表面流速の横断分布が把握可能となり、流量算出精度の向上が期待できる。

検査線の本数は、河川幅、既往の浮子流量観測状況を踏まえて、標準法の倍程度に設定することが望ましい。水面幅を確保できていれば問題はない。

表 4-18　水面幅に対応した浮子流速測線の目標数

水面幅	20m 未満	20～100m 未満	100～200m 未満	200m 以上
浮子流速測線数	5	10	15	20

出典：水位及び流量調査作業規程準則（昭和 29 年 10 月 9 日総理府令第 75 号）

(3) 検査線の長さ

STIV は STI（時空間画像）上の傾きから水表面流速を算出する。このため、検査線の長さと検査線の時間（撮影時間）をどうとるかは非常に重要である。

STIV における水表面流速を解析するアルゴリズム上、STI（時空間画像）は以下の条件を満足することが望ましい。

- できる限り、STI 画像自体が正方形であることが望ましい。
- STI に現れる波紋の縞模様の傾きは、15～75 度の範囲であれば精度が保たれる。近年ＡＩ（深層学習）解析の開発が進んだことにより、自動で解析可能となる場合もある。

また、検査線の長さを決める際の留意事項は、以下のとおりである。

- STI 中の波紋による縞模様が途中で曲がる場合、それは検査線上の流速が流下方向に異なっていることを意味するため、長すぎない検査線が望ましい。
- 一方で、河道特性や流況によっては、河道の平均的な流速を得るため、十分な長さの検査線が適している場合がある。
- このため、検査線の長さは、現地の河道特性・流況によって適切に設定する必要がある。
- 検査線の長さは、現地の河川の規模によって異なってくる。基本は、撮影画像内で一様流と見なせる水面上でできるだけ長く設定するのがよい。一般的には、小規模河川では数m、中規模河川では 10～20m、大規模河川では 20～30mになることが多い。

(4) 撮影時間

撮影時間の設定は、検査線の長さにも記載したとおり、短すぎても長すぎても水表面流速の計測精度が低下する（あるいはスパイク的に高流速あるいは低流速が生起）。

このため、検査線の時間は、検査線の長さと解析時の水表面流速について以下を留意しながら決定する。撮影時間は 30 秒程度とする。

- 撮影時間は、現地の河道特性・流況に応じて適切に設定する必要がある。
- STI に現れる波紋の縞模様の傾きは、15～75 度の範囲であれば精度が保たれる。近年ＡＩ（深層学習）解析の開発が進んだことにより、自動で解析可能となる場合もある。
- なお、令和 4 年 3 月現在得られている実証例では、撮影時間が短いと誤差が生じる場合がある。

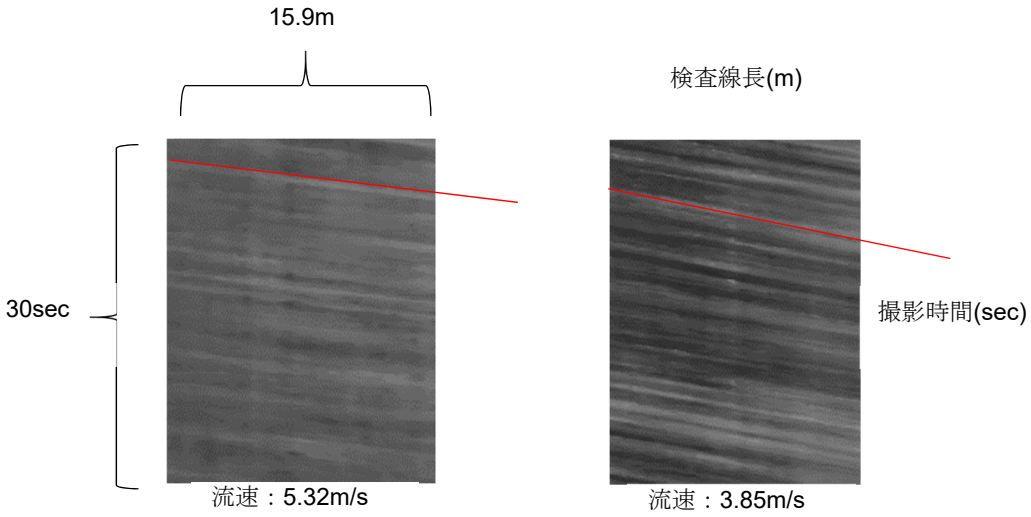
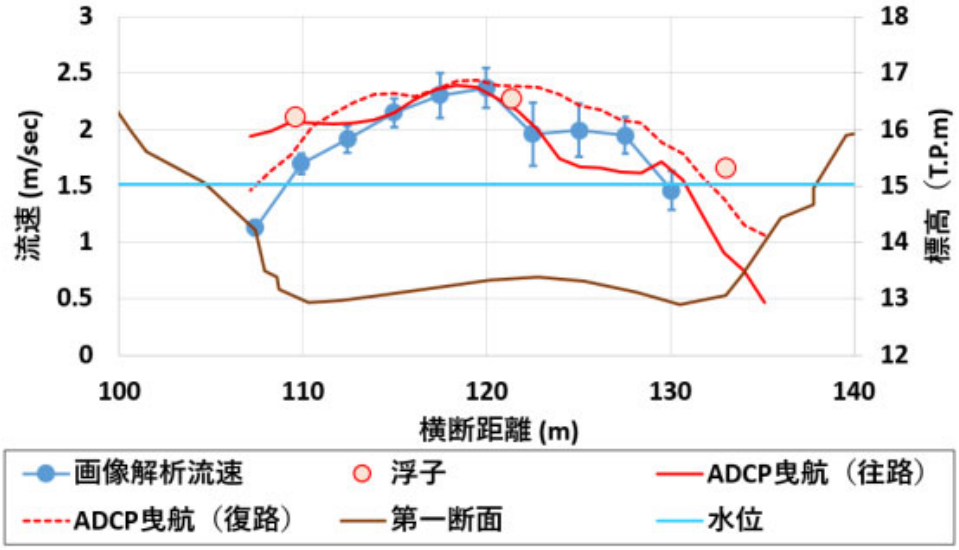


図 4-18　STI 解析画像の例

・ STIV（水表面流速）の各流速値と誤差評価を図 4-19 に示す。STIV における流速値の不確かさ範囲に概ね他手法の計測結果が分布しており、推奨されている STIV の計測条件下で流速値の 5%～15%程度が誤差評価値として得られている。

・ 流量値の信頼区間も他手法の流量観測結果と整合することから、誤差の定量評価として有効である。



流量値の誤差は、浮子測法が 6%程度，ADCP が 8%程度，STIV が 7%程度となり，STIV と ADCP の流量値は信頼区間の範囲で整合している.

図 4-19　浮子，STIV，ADCP による流速算定結果

＜例　示＞

STIV による観測値の精度は、河川流況や撮影画像の品質、検査線長さ等の計測条件等によって決まる。最新の研究により、これを計測不確かさ（誤差）として定量的に評価することで、STIV の観測流量に対する信頼区間を設定することや、他手法の観測値との整合性を確認することが可能となる（渡辺ら,2021）。

計測における不確かさの世界基準である GUM (Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement)では、不確かさを「測定の結果に付随した、合理的に測定対象量に結び付けられ得る値のばらつきを特徴づけるパラメータ」と定義しており、STIV による観測値の不確かさについても、これに従って評価することが妥当と考えられる。

ただし当手法は、令和 4 年 3 月現在、実証事例が少ないため、参考資料の紹介にとどめる。

＜参考となる資料＞

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　横断面測定

＜必　須＞

流量観測所横断面については、横断測量を行い、流量観測所横断図面を作成しておかなければならない。

4.8.1　横断測量の時期

＜標　準＞

流量観測所の横断図面は、出水期の前に行う横断測量により修正することを標準とする。

洪水等によって河床が変化したと認められる場合には、その都度速やかに横断測量を行い、同様に修正するものとする。

＜解　説＞

横断測量は流量算出断面に対し、出水前と出水後に河床が変化したと認められる場合はその都度速やかに横断測量を実施する。

出水前の横断測量は、出水期前に毎年定期的に実施する。出水後の横断測量の成果は、次の出水前の横断面として用いる。

出水時に高水流量観測ができなかった場合でも出水により河床が変化している場合は、出水後は横断測量を行う。

4.8.2　横断測量の実施方法

＜標　準＞

国土交通省公共測量作業規程に準じた方法により横断測量を実施する。

＜参考となる資料＞

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)　横断面測量と水位の観測イメージは**図 4-20**、**図 4-21** に示すとおり。

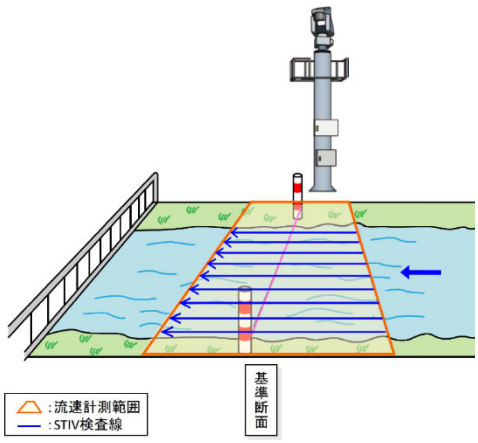


図 4-20　横断面測量の実施イメージ

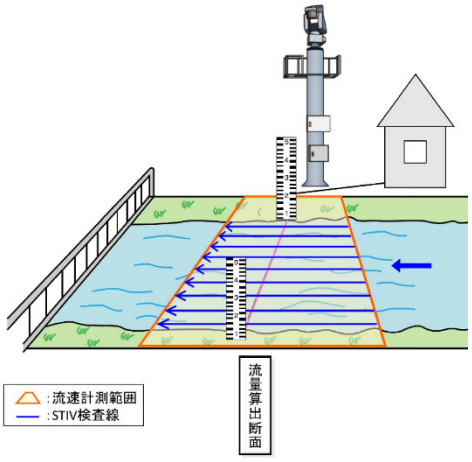


図 4-21　水位の観測位置イメージ

4.9　水位観測

＜必　須＞

流量算出断面においては、水位観測設備を設置し、水位観測を実施しなければならない。

＜解　説＞

画像処理型流速測定法を実施する横断面においては、水位計や水位標を設置し、水位観測を実施する必要がある。

＜標　準＞

水位計は、以下の条件を満たすことを標準とする。

(1) 観測対象とする範囲の水位を欠測しないものとする。
(2) 時刻水位を出力・記録することができなければならない。
(3) 水位の最小読み取り単位は 1/100m を原則とする。
(4) 水位計の測定可能範囲は、堤防高＋50cm 以上としなければならない。
ただし、橋上から観測を行う場合は、機器が水没しない H.W.L 以上の位置にセンサを設置する。

水位標は、以下の条件を満たすことを標準とする。

(1) 観測対象とする範囲の水位を欠測しないものとする。
(2) 量水板の最小目盛りの単位は原則として 1/100m とする。
(3) 水位標の零点の標高（零点高）は水準基標を基準として測量しておかなければならない。
(4) 水位標の零点高は原則として既往最低水位以下としなければならない。
(5) 夜間や出水時の場合でも、目盛りを正確に読み取ることができる箇所に水位標を設置しなければならない。
(6) 水位計測範囲を大きくとる必要がある川では、2m 程度の支柱を護岸や堤防のり面に複数本設置し、水位上昇時においても、順次上位の水位標に読取を安全に引き継げるようにしなければならない。その際、上位・下位の水位標目盛の重複は 0.5m 以上とする。
(7) 水位標の設置後においても、その零点高は少なくとも年 1 回は測定しなければならない。その場合、水準基の読取の単位は 1/1,000m を用いる。

＜解　説＞

水位観測に用いる自記水位計の選定時における参考資料として、『河川砂防技術基準　調査編　令和 4 年 6 月版』を参照する。

＜参考となる資料＞

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　調査編、p.第 2 章第 3 節－3、令和 4 年 6 月.

5. 風の観測

5.1 風の水表面への影響

＜必　須＞

水表面流速を観測する非接触型流速計測では、風による水表面への影響について把握・補正するため、流速観測時の風速を計測しなければならない。

＜推　奨＞

非接触型流速計測法では水表面流速を計測しており、風によるせん断応力を受けて、表面流速値が加減速することが知られている。
このことから、風の影響を補正するために流速観測時の風向風速計測を行うことが望ましい。

＜解　説＞

電波流速計法、画像処理型流速測定法などの非接触型流速計の場合、測定する代表流速は河川の水表面流速である。

電波流速計は河川の凹凸を利用して表面流速を計測している。また、画像処理型流速測定法は河川表面に存在する紋様などの移動を撮影することで流速を測定している。

そのため、これらの観測は風波が生じるような場合には風の影響を強く受ける。

例えば、下図のように川の上流に向けて吹く風の場合、非接触型流速計で計測される河川表面流速は、河川の自流により本来あるべき水表面流速より小さくなることがある。そのため鉛直方向流速分布を対数則分布で考えると、断面平均流速が実際よりも小さく算出される可能性がある。このため、風向・風速データを基に風の影響を除去し水表面流速を補正する必要がある。

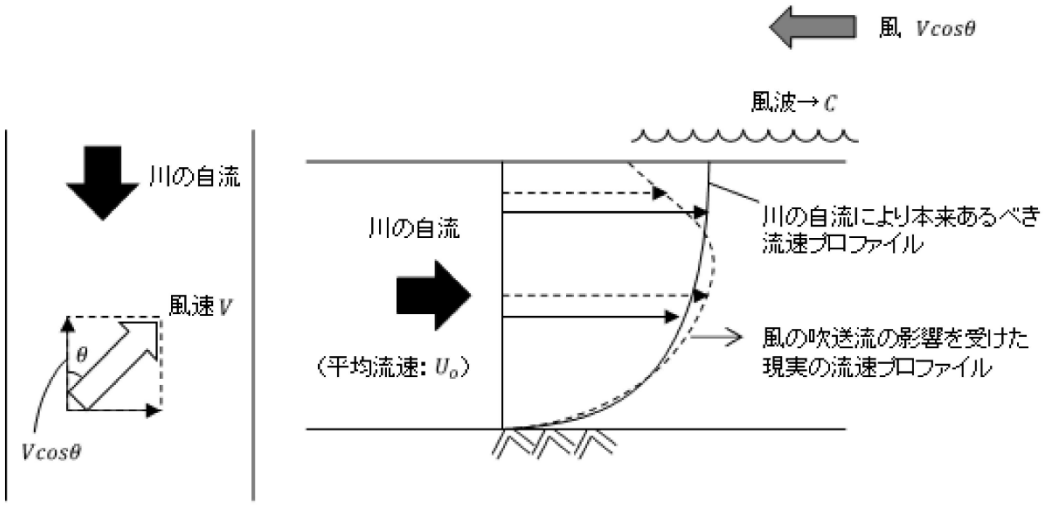


図 5-1　風による流れへの影響イメージ（逆風の場合）

出典：流量観測の高度化マニュアル（高水流量観測編）Ver1.2、p.46、国立研究開発法人土木研究所、平成 28 年 6 月.

＜参　考＞

風向風速を観測する水表面からの高さに応じて、水表面へ作用する風速の換算方法は異なる。閉鎖性水域では水表面への風の影響を水面から高さ 10m の地点での風速 U_{10} により評価している。また、「共同研究 非接触型流速計測法の開発 平成 13 年度共同研究報告書、平成 14 年 3 月」においても同様に風の影響除去手法として U_{10} を用いるものとしているが、U_{10} への変換手法など不明な点もあり、観測所の橋上で計測した値を直接利用することも考えられる。

■閉鎖性水域での風の空間分布

一般的に閉鎖性水域における水面付近の風速鉛直分布は、対数則分布とみなして風速が一様となると想定される地表から高さ 10m の風速（U_{10}）を代表風速とする。風速 U（m/s）、地表（水面）からの高度 z（m）の関係式（対数則分布）は下記である。

$$U=2.3026A\log_{10}(z/z_0)$$

$$A=u^*/\kappa$$

$$z_0=(7.66\sqrt{g}\cdot n)^6$$

ただし、z_0 は相当粗度（m）、u_*は摩擦速度（m/s）、κはカルマン定数（=0.4）である。摩擦速度u_*は風速の観測値 U_a（m）と観測高度z_a（m）、n は粗度係数、から以下のように求められる。

$$u^*=0.4U_a/[2.3036\log_{10}(z_a/z_0)\ ]$$

＜解　説＞

水表面で作用する風速が、流速に影響を及ぼすことは明らかであるが、検証データが少なく、平成 30 年 3 月時点ではこれらの関係式が河川域においてもどの程度の適用性があるか、検証が不十分な状態である。

＜参考となる資料＞

1）近藤純正、大気境界層の気象 （Ⅰ）風はどのように吹くか、気象研究所、天気、Vol.46、No.9、pp.558

5.2　風向風速計の仕様

＜標　準＞

■計測方式

使用する風速計の計測方式としては機械式風速計を用いることを標準とする。

原則として風向風速計を用いることが望ましいが、風向を計測できない一方向風速計を用いてもよい。

■機器タイプ

固定式風速計、可搬型式風速計のどちらを使用してもよい。

固定式／可搬型型式どちらを使用する場合でもデータロガーによりデータを記録する。

■機器仕様

機器仕様としては以下を満たす風向風速計を用いることを標準とする。

- 風速測定範囲：1m/s～
- 風速精度：（＜10m/s）±1.0m/s以内　（＞10m/s）±10％以内
- 分解能：（風向）16方位　（風速）0.1m/s以下
- 測定インターバル：1 秒間隔での記録・出力が可能なもの

＜解　説＞

(1)　風速計の計測方式

河川における風向風速観測に用いる風速計の計測方式としては、微風を計測できる必要はなく、屋外での長期観測に耐えうる機械式風速計が望ましい。以下に各計測方式の特徴を記載する。

- 機械式：
  風車や風杯の回転数を計測し風速を計算する。気象観測によく用いられるタイプ。微風の測定には向かない。
- 熱線式：
  白金線や半導体などを加熱し、風で冷却される度合いから風速を計算する。微風の測定が得意。長期観測・屋外観測には向かない。
- 超音波式：
  音が伝わる速さが風によって変わる現象から風速を計算する。主として屋外に設置され、気象観測に用いる。装置が大がかり、計算にコンピュータが必要となる。
- ピトー管式：
  流体中の圧力を計測することにより、間接的に速度を算出する。機械を風上に向ける必要がある。

(2)　機器タイプ

固定式風速計、可搬式風速計のどちらを使用してもよい。

固定式／可搬式どちらを使用する場合でもデータロガーがついたデータ記録可能なものを使用する。

(3) 機器仕様

風が水表面流速に及ぼす影響を評価するための風向風速観測では、どの程度の精度での観測が必要か十分な知見がない。このため、風速の計測精度の機器仕様としては気象庁の規格と同程度とする。

測定インターバルは、電波流速計や画像処理型流速測定法では 1～数秒単位での流速値を計測するため、風向・風速データは 1 秒間隔とする。

5.3　風向風速観測の位置

＜標　準＞

風が水表面流速に及ぼす影響を評価するための観測を行う風向風速計の設置位置は以下のように設定する。ただし、必要に応じて、観測地点の風の空間分布把握のための観測を実施し、流速計測区間の水表面に作用する風を評価可能な地点を検討する。

■固定式流速計測機器を用いる場合

機器を設置している近傍に風向・風速計を設置することを標準とする。

■可搬式流速計測機器を用いる場合

観測時に観測を行う橋梁や堤防上で風向・風速計を用いて観測を行う。ただし、歩道等がなく観測の安全面に課題がある、あるいは車両等の通行の影響を受ける場合はこの限りではない。

風向・風速（あるいは風速のみ）を計測する横断位置は、流況の主流部と同じ位置が望ましい。安全面等で観測に課題がある場合は、この限りではない。

＜解　説＞

非接触型流速計測法では水表面流速を計測するため、流速観測時の風向・風速を計測することが必要である。しかし、水表面に作用する風向風速を出水時に観測を行うことは危険であり、困難である。

このため、流速計測機器の近傍や観測地点の橋梁や堤防上で風向･風速観測を行うものとする。また、近傍に気象観測用の風向風速計が設置されている場合、その観測値と流速計測地点の水表流速を計測し、その関係性から水表面流速を換算可能な場合は、近傍の気象用の風向風速計の値を用いることも可能である。**図 5-2** は流量観測地点で計測された風速と近傍気象庁観測所の風速値を比較しているが、相関が強くないため、流量観測地点で計測された風速の代替として、近傍気象庁観測所の値を用いる事はできない。

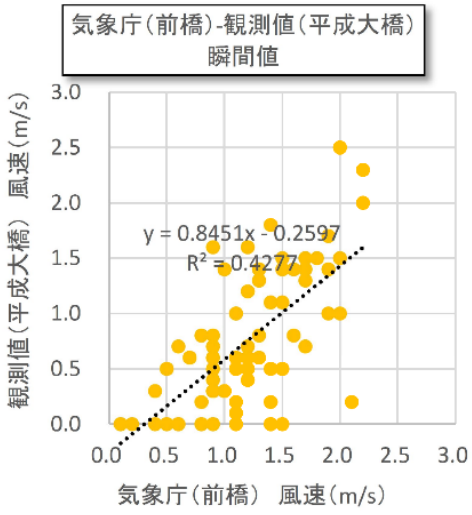


図 5-2　近傍気象観測用風向風速計と現地観測結果の比較

必要に応じて、観測地点の風の空間分布把握のための観測を実施し、流速計測区間の水表面に作用する風を評価可能な地点を検討する。観測・検討の事例を後述の＜参　考＞に示す。

(1)　固定式流速計測機器（CCTV カメラ、固定式電波流速計など）の場合

固定式機器を用いる場合は、流速観測機器の近傍で風向風速を計測するものとする。設置例を写真 5-1 に示す。

写真 5-1　遠赤外線カメラと風向風速計の設置例

(2)　可搬式流速計測機器（ビデオカメラ、可搬式電波流速計）を用いて流速観測を行う場合

可搬式機器を用いて流速観測を行っている時は、橋上または近傍の堤防上から観測を実施していることから、流速観測地点で風向風速を計測するものとする。

橋梁や堤防上で、車両の通行や橋の構造物が風に強く影響すると考えられる箇所は、可能な限り避けて、設置高さを高くする、構造物を避ける等して設置することが望ましい。

注：

非接触型流速計測法における水表面流速への風の影響については、不明な点も多く、現時点で風向風速観測地点や補正係数などを明記することは困難な状況である。

既往の調査結果を見ると、風が水表面流速に及ぼす影響は概ね 3～5%程度と想定される。これは 10m/s の風が逆向きに吹いていた場合、表面流速は 0.3～0.5m/s 程度影響を受けることを示している。河川の流速が 2m/s の場合は 15～25%程度影響を受け、河川流速が 5m/s 以上の場合では影響は 6～10%程度となる。風が吹いていなかった場合はこの影響は無いと判断できる。

このようなことから、水表面流速観測では風観測は必須であり、流速観測時に流下方向に対しどの程度の風速で風が吹いていたかを計測、記録することは必須である。

しかし、精度の高い風向風速観測機器の設置が困難とのことで観測が実施できないよりも、簡易な機器でも入手どの程度の風が吹いていたかを計測しておくことが重要であると判断される。

＜参　考＞

観測地点の風の空間分布を把握するために複数台の風向風速計による観測を実施し、風が水表面流速に及ぼす影響について評価可能な地点を検討した事例を以下に示す。

【風観測の事例】

下記は、風の空間分布を把握するための風観測の事例である。

非出水時に観測地点の橋梁付近で**図5-2**に示すように鉛直方向3点、横断方向3点で風向風速計を設置し、水表面に作用する風について観測を行った。風速の観測は1秒間隔で計測を行い、1分間平均値を用いて評価を行った。

橋上に配置した風向風速計は、横断方向での風速分布特性を把握する目的で設置し、左岸水面近傍、中間地点の風向風速計は風の鉛直分布を把握する目的で設置されている。出水時は、橋梁左岸踊場に風向風速計を設置して風を観測し、観測された鉛直分布特性から水表面流速への影響を評価する。

観測地点では、横断方向に優位な差が認められなかったため、橋梁左岸踊場の風速計の値を代表的な風速とした。鉛直方向の風速分布については、**表 5-1** に示すように内湾・湖沼など閉鎖性水域で一般的に用いられる式（1），（2）（光易，1983）に示される対数則分布にほぼ一致している。

$$\frac{U}{u^*} = \frac{2.3026}{\kappa}\log\frac{z}{z_0} \qquad (1)$$

$$u^* = \frac{0.4U_a}{2.3026\log z_a/z_0} \qquad (2)$$

ここで z_0 は相当粗度（m），u^*は摩擦速度（m/s），κ はカルマン定数（=0.4）である．水面粗度 z_0（m）はここでは z_0=0.065 とし，摩擦速度 u^*は橋上風速観測値 U_a（m）と観測高度 z_a（m）から求めた。

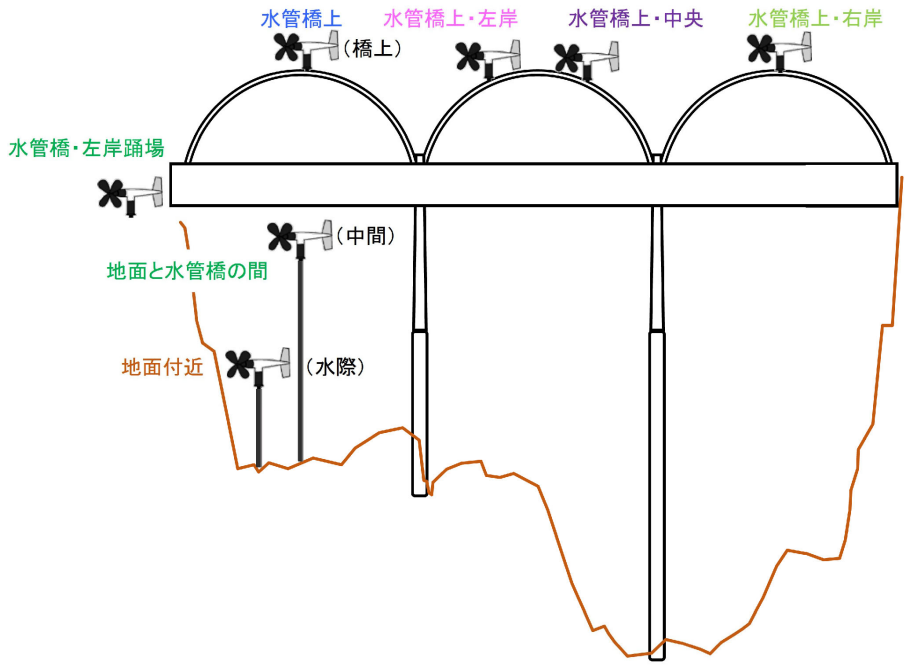
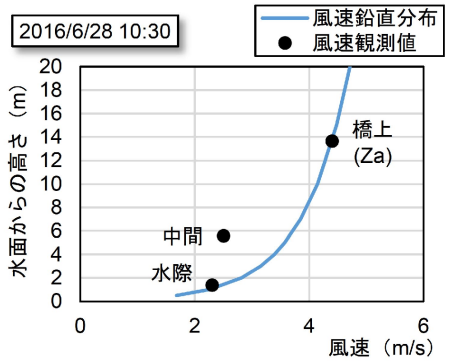
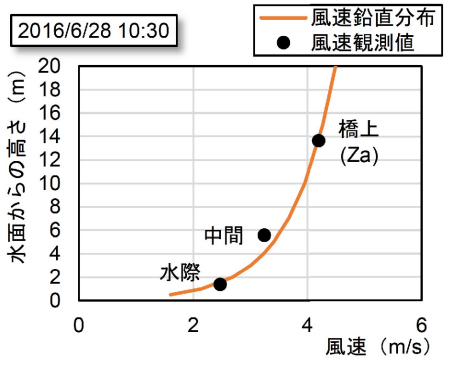
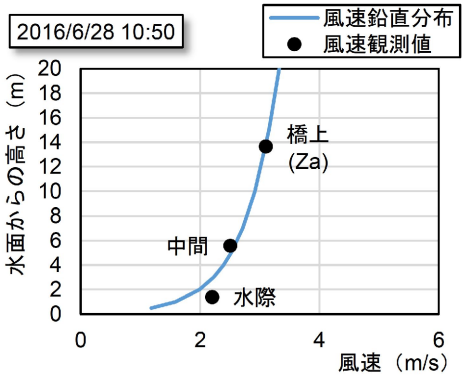
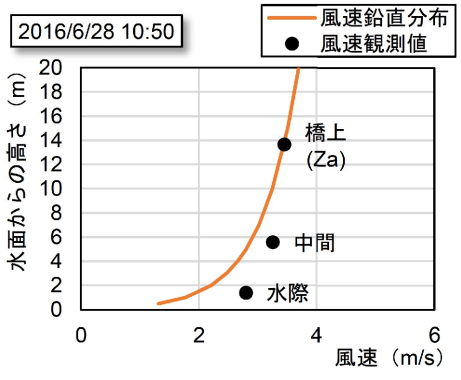


図 5-3　風向風速計による風観測の事例（横断図）

表 5-1　風の鉛直分布計測事例

瞬間値	1 分移動平均値
	
	

5.4　風の観測方法

＜標　準＞

風向風速計を用いて風を観測する際は、以下のように実施する。

■観測する項目：

風速と風向をともに観測することを基本とする。

風向・風速計を設置することが困難な場合は、風速だけは計測する。

■風向・風速（あるいは風速のみ）の観測時間：

風向・風速（あるいは風速のみ）の観測時間は 1 秒間隔で 1 分以上とする。

＜解　説＞

(1)　観測する項目

一方向風速計の場合、風向は観測できない。このような風速計では横から風が吹いた場合、風向風速計による観測と比較して風速計測精度が低くなる可能性がある。したがって、風速と風向をともに観測することが望ましい。

記録方法については「8. **観測データの記録**」に記載している。

(2)　風向・風速（あるいは風速のみ）の観測時間

風向・風速データは、計測した非接触型流速計による流速値の補正に使用するため、各流速計と同程度の測定時間分解能が必要である。

電波流速計や画像処理型流速測定法では 1～数秒単位での流速値を計測するため、風向・風速データは 1 秒間隔での観測が望ましい。

6. 流速補正

6.1 風補正

6.1.1 風補正について

＜標　準＞

画像処理型流速測定法の STIV と電波流速計はともに水表面流速を計測するため、風によるせん断応力の影響を受ける。

この影響を除去するため、観測所の近傍に併せて設置あるいは観測所の近傍で計測された風向風速計のデータを用いて必要に応じて風の影響を補正する。

風の影響補正方法として、風の影響を補正した水表面流速を U とし、以下の式により補正を行う。

$$U = U_{obs.} - \overline{U_{wind}} \times \alpha$$

ここで、$U_{obs.}$は STIV あるいは電波流速計で計測された水表面流速、$\overline{U_{wind}}$は 1 分平均された流下方向風速であり、両者とも河川流下方向軸の順流方向を正とする。α は風補正係数である。流下方向風速は以下の式より算出する。

$$U_{wind} = U_{wind}' \cos\theta$$

ここで、U_{wind}'は「5. **風の観測**」に従って得られた観測風速（生値）、θ は河川の流下方向と風向の角度の差である。

風補正係数 α は、データ計測手法が明確で妥当性が高い研究結果の値より 0.03～0.05 の範囲であると考えられ、各観測所おける適切な値を検証・使用することが望ましいが、やむを得ず検証ができない場合、暫定的に α =0.04 を用いても良い。なお検証方法の一つとして、表面ではなく水面下の流速を別途計測することでこれを検証することができる。

一方、令和 4 年 3 月現在、研究中の課題であり、今後の研究の進捗状況や河道特性に合わせて修正するものとし、必要に応じて現地での観測から算出する。

＜解　説＞

画像処理型流速測定法のうち STIV と電波流速計は、水表面流速を計測するため風による影響を受ける。このため、観測所の近傍に併せて設置あるいは観測所の近傍で計測された風向風速計のデータを用いて、必要に応じて風の影響を補正する（図 6-1）。

なお、本手法である観測風速値を用いて水表面流速の補正を行う手法については、以下の既往研究成果がある（非接触型流速計を用いた開水路流量観測方法及びその装置　特許第 3762945 号）。

＜例　示＞

風補正係数 α は洪水時の強い卓越風が発生するような場所では ADCP の曳航観測や H-ADCP による計測、Float-PTV を用いて検証する方法もある。

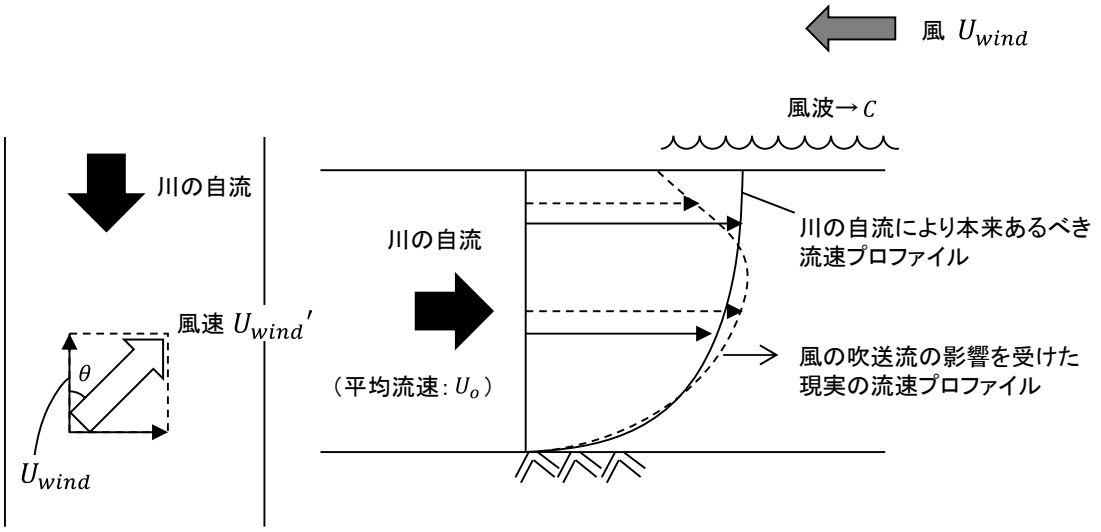


図 6-1　風による流れへの影響イメージ（逆風の場合）

具体的には、現地での風向・風速データから流下方向成分の風速（U_{wind}）を算出し、STIV で算出された流速（$U_{obs.}$）に対し次式で$U = U_{obs.} - U_{wind} \times \alpha$ で算出し、風を考慮した流速に補正する。

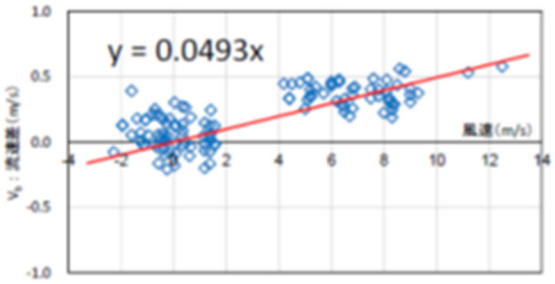
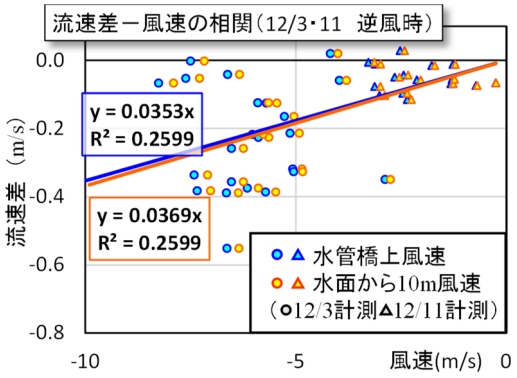
現時点では、風観測の手法などが定まっていないため、一様に評価を行うことが困難であり、各既往研究で風速の水表面へ影響する割合が異なっているが、今後も観測の継続、データの蓄積を続け、風の影響の除去に関する適切な式について検討していく必要がある。

流速観測地点近傍での風速の水表面流速への影響について調査された既往研究を表 6-1 に示す。このうち、風向風速観測位置・高さが明記され、十分に大きな風速での観測データを元にαを算出している小野ら（2016）、裹ら（2016）と閉鎖性水域で一般的なα：0.03～0.04 という知見を元に、暫定的に河川での流量観測に用いる風の補正係数α：0.03～0.05 とする。これは今後の研究・知見の進捗により、修正していかなければならない。

表 6-1　流速差と風速の相関に関する既往研究

既往研究	風速観測位置	風速の水表面へ影響する割合（α）	備考
大手ら（2003）[2]	実験水路	1.6%	風観測高さ不明
柏田ら（2012）[3]	観測所橋上	4.3%	風観測高さ不明
小野ら（2016）[6]	観測地点　水面近傍	4.9%	
裹ら（2016）[7]	観測地点　水面上 10m	3.7%	

表 6-2　既往研究における流速差と風速の相関関係一覧

小野らの観測結果	裘らの観測結果
	

＜参考となる資料＞

1）　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.

2）　非接触型流速計測法の開発、大手方如・深見和彦・吉谷純一・東高徳・田村正秀・和田信昭・淀川巳之助・中島洋一・小松朗・小林範之・佐藤健次、土木技術資料、Vol.45、 No.2、pp.36-45, 2003.

3）　電波流速計による表層流速計測と DIEX 法に基づく流量推定手法の提案、柏田仁・二瓶泰雄・山下武宣・山﨑裕介・市山誠、土木学会河川技術論文集、第 18 巻、2012.

4）　河床変動及び強風を伴う河川表面流速の特性と風による影響の補正に関する検討、本永良樹・萬矢敦啓・深見和彦、土木学会論文集　Vol.69、No.4、pp.745-750、2013.

5）　非接触型流速計測法の流速計測精度が受ける風の影響、恩田実之留・平川隆一、土木学会論文集　vol.72、No.4、pp.I_901-I_906、2016.

6）　高水流量観測の省力化に関する精度検討、小野史也・井上拓也・木下武雄・森田靖則・持丸章治・北野実紀、河川技術論文集、第 22 巻、2016.

7）　河川における水表面流速観測値に対する風速依存性の一考察、裘希恵・浜口憲一郎・山崎裕介・吉田俊康・横山貴宏・米田一也、土木学会第 71 回年次学術講演会講演概要集、pp.□-038 75-76、2016.

6.1.2　風補正のための補正係数αの算出方法

＜推　奨＞

必要に応じて、風向風速計設置箇所と水表面付近での風の空間分布把握のための観測を行い、観測地点での補正係数αを算出することが望ましい。

CCTV カメラや固定式電波流速計を用いて水表面流速を計測する場合は、機器を設置している近傍と水表面付近での風向風速の比較を行う。

ビデオカメラ、可搬式電波流速計を用いて観測を行う場合は、観測時に観測を行う橋梁や堤防上と水表面付近での風向風速の比較を行う。

＜解　説＞

風の水表面流速への影響は知見が不十分であり、一般的な補正係数αの値が定まっていない。

このため、必要に応じて、非出水時に水表面と風観測地点で風観測を同時に行うことで、観測地点での風向・風速が流速観測地点での水表面での風向・風速とどのような関係にあるか、水表面へ作用する風向風速との関係を把握し、評価するものとする。

算出方法は以下のとおりである。

(1) 非出水時に図 6-2 に示すように観測地点の橋上と水面で風向風速計を設置し、水表面付近（U_{w1}）と流速計測機器近傍あるいは観測を行う橋梁・堤防上（U_{w2}）での風向風速観測を行う。風速の観測は 1 秒間隔で計測を行い、1 分間平均値を用いて評価を行う

(2) 風向風速観測と同時に、水表面流速計測、ADCP による鉛直方向流速を計測する

(3) U_{w1} と U_{w2} を比較、風向・風速に相関があることを確認する

(4) 計測した水表面流速と風の影響を受けていないと考えられる ADCP による最表層流速の差分（ΔU）と、U_{w2} の相関係数 α を算出する

＜参　考＞

【風観測の事例】

下記は、水表面流速への風の影響を把握するための風観測の事例である。

観測では、図 6-2 に示すように観測地点の水管橋付近で非出水時に風向風速計を設置し、水表面に作用する風について観測を行った。風速の観測は 1 秒間隔で計測を行い、1 分間平均値を用いて評価を行った。

流速観測は、出水時に ADCP を用いて断面鉛直流速分布を計測し、風の影響を受けていないと考えられる最表面流速（水面下 27cm）の流速と同一地点を同時に可搬式電波流速計で観測した水表面流速を観測することで、風による水表面流速への影響を評価した。出水時は、水管橋左岸踊場に風向風速計を設置して風を観測し、観測された鉛直分布特性から水表面流速への影響を評価する。

表 6-1 と表 6-2 に風速と流速差の関係について示しており、その相関を見るとばらつきは大きいが、近似直線の傾きは水管橋上風速で 0.035、水面から 10m 高さ風速で 0.037 と、それぞれ風速の 3.5%、3.7%が水表面流速に影響しているという結果が得られている。

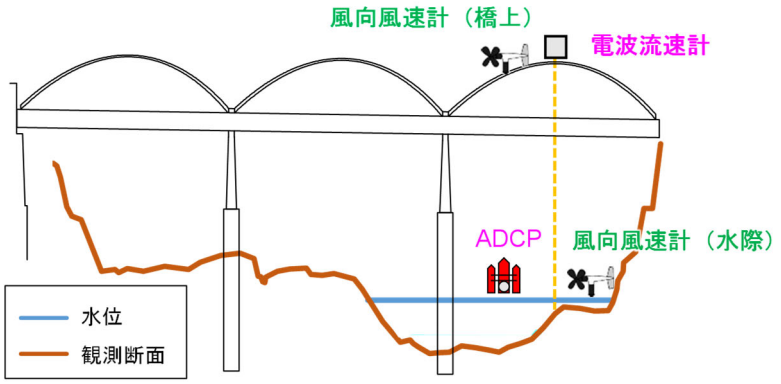


図 6-2　風の影響評価のための観測概要

7. 流量算出

＜標　準＞

非接触型流速計測法による水表面流速を用いた河川流量は、区分断面ごとの平均流速を算定し、それに区分断面積を乗じて区分断面ごとの流量を算出し、全断面での総和により算出すること（以下、区分求積法と呼ぶ）を基本とする。

＜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－24、令和 4 年 6 月.

＜推　奨＞

非接触型流速計測法による水表面流速が欠測するあるいは横断的に計測数が少ない場合は、数値解析手法等で流速値を補間することで流量を推定する。

＜解　説＞

非接触型流速計により計測し風補正をした水表面流速について、ある区分断面で欠測が生じた場合、流量は欠測とするかあるいは近傍の流速から流量を推定するが、その場合流量算出精度は低下する。

このため、ある区分断面で欠測した場合でも、横断方向で計測された水表面流速を用いて、水理学的条件を満足するように欠測値を補間して流量を算出する手法が近年提案されており、平成 29 年 3 月の水文観測業務規程の改定においても、区分求積法に加え「水理学的知見に基づき算出する方法」が記載されている。

＜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－3　～　第 2 章第 4 節－4、令和 4 年 6 月.
2）　H-ADCP 観測と河川流計算を融合した新しい河川流量モニタリングシステムの構築、二瓶泰雄・木水啓、土木学会論文集 B、Vol.64、No.4、pp.295-310、2007.

7.1　区分求積法

＜標　準＞

区分求積法とは、区分断面ごとの区分断面平均流速に区分断面積を乗じることで区分流量を算出し、これらを合算し流量を算出する。

区分断面平均流速は、区分断面ごとの風補正をした水表面流速に表面流速係数を乗じることで算出する。

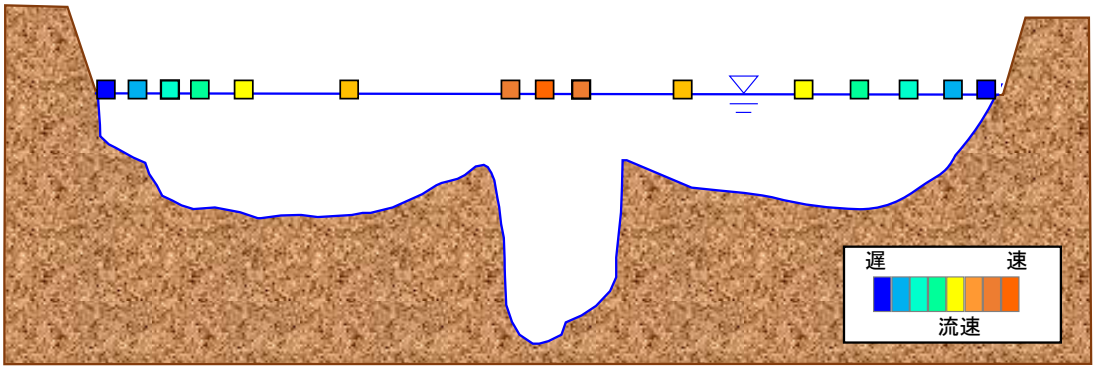
＜解　説＞

区分断面の観測流速値は水表面流速であるため、風による影響を補正した水表面流速値を用いる。この風補正した水表面流速に表面流速係数を乗じることで断面平均流速を算出し、区分断面積と区分断面平均流速の積により区分断面流量を計算する。これら区分断面流量を合算することで流量を算出する。

表面流速係数とは区分断面平均流速と水表面流速の比（表面流速係数＝水表面流速／区分断面平均流速）を意味し、「区分断面平均流速と吃水深ごとの浮子流速との比」を意味する更正係数とは分けている。

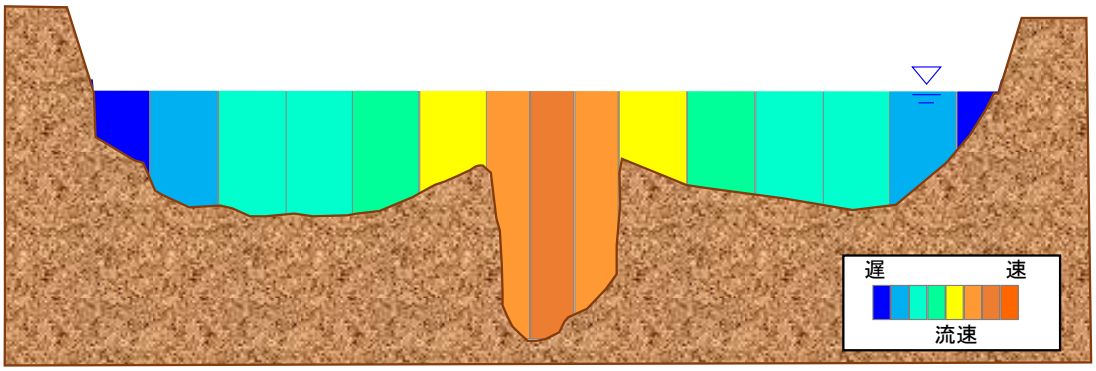
表 7-1　区分求積法の概念一覧

流速「観測」



非接触型流速計測法では、水表面流速（電波流速計、STIV）あるいは浮子吃水深の平均流速（Float-PTV）を得ることができる（上図は、水表面流速（電波流速計・STIV の概念図））。

流量「算出」



- 水表面流速（電波流速計、STIV）から、流速横断面分布に代替できる流量「算出」法により流量を算出する。具体的には浮子吃水深の平均流速であれば更正係数を乗じる、水表面流速の平均流速であれば表面流速係数を乗じることで断面平均流速を算出
- 断面平均流速に断面積を掛けることで区分流量を算出
- 区分流量を合算することで流量を算出

7.1.1　表面流速係数

＜標　準＞

非接触型流速計で計測し風補正をした水表面流速から区分断面平均流速を算出するための表面流速係数は、各地の流量高度化観測において検証が実施されている。表面流速係数の適用においては、各観測所における適切な値を使用することが望ましいが、やむを得ず検証ができない場合、暫定的に 0.85 を使用しても良い。

今後、ADCP による様々な規模の洪水時の鉛直方向の流速分布に関する観測結果から表面流速係数の妥当性を検証し、必要に応じて更新・修正を行う。

＜解　説＞

浮子測法において表面流速係数に相当する更正係数は、表面浮子の 0.85 である。表面浮子は水深が 0.7m 以下で使用することを＜標　準＞としている。

一方で、非接触型流速計の表面流速係数は、洪水時の流況や横断位置だけでなく水深も考慮せずに一律 0.85 を用いている研究事例が多くある。

ADCP による鉛直方向の流速分布から表面流速係数を検討している事例を表 7-2 に示す。これより、セグメント M からセグメント 2-2 まで様々な河道特性を有した流量観測所（あるいは観測地点）で表面流速係数に係わる検討が実施されている。これより、表面流速係数のばらつきはあるものの、0.85 を標準としても概ね問題ない。

一方で、表 7-2 に示すように、検討されている洪水規模が最大でもはん濫注意水位程度である。このため、今後も、多くの観測所で様々な洪水規模で検証されることが望まれる。

表 7-2　表面流速の表面流速係数について検討された事例一覧

水系名・河川名・観測所名	セグメント	観測時水深（m）	表面流速係数	備考
A 川・A 川・A 観測所	M	2.5～4.9m	0.82～0.89	
B 川・B 川・B 観測所	3	9.0～10.2m	0.84～0.96	
C 川・C 川・C 観測所	3	4.5～5.2m	0.75～0.95	
D 川・D 川・D 観測所	1	2.5～3.0m	0.75～0.85	水防団待機水位～はん濫注意水位程度の洪水規模
E 川・E 川・E 観測所	2-2	3.0～5.2m	0.80～0.90	水防団待機水位程度
F 川・F 川・F 観測所	不明	0.8～1.8m 0.8～1.5m	0.85～0.90	
G 川・G 川・G 観測所	不明	不明	0.88	
H 川・H 川・H 観測所	M	0.5m～3.0m	0.85	観測時水位 : 80.1～80.4m 水防団待機水位：81.50m
I 川・I 川・I 観測所	2-2	4.0m～9.0m	0.85	

＜参考となる資料＞

1） 山口高志, 新里邦生(1994). 電波流速計による洪水流量観測. 土木学会論文集 No.497.

2） 深見和彦，今村仁紀，田代洋一，児玉勇人，中島洋一，後藤啓介（2008）．ドップラー式非接触型流速計（電波・超音波）を用いた洪水流量の連続観測手法の現地検証～浮子測法との比較～．河川技術論文集第 14 巻.

3） 和泉征良，藤田一郎，谷昂二郎，岡田将治，橘田隆史（2016）．洪水時の ADCP データに基づく流速補正係数の分布特性と流量推定の高度化に関する研究．水工学論文集 Vol72.

4） 柏田仁，藤田一郎，本永良樹，萬矢敦啓，二瓶泰雄，中島洋一，山﨑裕介（2013）．統一された流速内外挿法に基づく様々な流速計測技術の流量推定精度．土木学会論文集 B1（水工学）Vol.69.

5） 酒井雄弘，二瓶泰雄（2007）．ADCP データに基づく大河川洪水流の更正係数に関する検討．水工学論文集 Vol.51.

7.1.2 区分求積法による流量算出

＜標　準＞

非接触型流速計測法を用いた流量の算出は、次の事項に従って行うことを標準とする。

（1） 流量算出に用いる断面は、横断面ごとに、洪水前後の横断測量の結果から求められる洪水前および洪水後の全断面積（洪水期間中の最高水位時）を比較して、いずれか大きい方の断面を用いる。

（2） 上記の断面積算出に用いる水位は、流速計測の開始時と終了時における対象横断面の水位の平均値とする。

（3） 1 つの流速測線の深さ方向平均流速が代表する区分断面は、これと相隣り合っている流速測線との中央線までの領域とする。

（4） 非接触型流速計測法により流量を算出する横断面において、1 つの流速測線それぞれに対応した区分断面の面積を求める。

（5） 測線ごとの深さ方向平均流速は、非接触型流速計測法で得られた水表面流速に対し、風の影響による補正をし、その補正された水表面流速に表面流速係数を乗じる。

（6） 流量は、測線ごとの深さ方向平均流速とその平均流速が受け持つ区分断面積との積を全測線について合計して算出する。

（7） 測定精度のチェックのために、算出した流量値は現場で速やかに前年の水位流量曲線図に記入し、水位流量関係を確認する。

＜解　説＞

非接触型流速計測法による水表面流速を用いて区分求積法により算出する流量は、基本的に、『河川砂防技術基準　調査編、p.第 2 章　第 4 節－20、令和 4 年 6 月.』に記載されている浮子測法による流量算出と同じである。異なるのは、以下の 3 事項である。

・　対象とする横断面　：浮子測法は 2 つの見通し断面、非接触型流速計測法は水表面流速を計測している断面

・　使用する流速の種類：浮子測法は浮子流下速度、非接触型流速計測法は風の影響を補正した水表面流速をそれぞれ使用

・　表面流速係数　　：浮子測法は吃水深に応じた更正係数、非接触型流速計測法は水表面流速の表面流速係数

＜推　奨＞

固定式観測法による洪水流量観測データが存在する場合には、その時系列の観測データと比較することを推奨する。水位流量曲線図において、水位～流量の点を時系列的につないで、観測値が反時計回り又は、時計回りのループを描いているかを確かめ、実況の水理状況に合致しているかどうかを確認する。

＜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－20、令和 4 年 6 月.

7.2　数値解析手法

＜推　奨＞

非接触型流速計により計測し風補正をした水表面流速について、断面内の平均流速は表面流速係数を乗じることで換算しており、また、ある区分断面で欠測した場合、流量は欠測とするかあるいは近傍の横断計測流速から流量を推定するが、その場合の流量精度は低い。

このため、非接触型流速計測法による水表面流速が欠測するあるいは横断的に計測数が少ない場合は、数値解析手法等で流速値を補間することで流量を算出することを推奨する。

＜解　説＞

区分求積法では、区分流速の観測時に欠測が生じた場合、流量算出精度が低下する。そのため、数値解析手法を用いて、断面内や欠測部の流速内外挿を行うことが有効である（表 7-3）。

また、流量算出精度の高度化を目的に、観測された水表面流速を用いて水理学的条件を満足するように横断面内の流速分布を算出することで断面流量を求める手法が開発されている。具体的には、力学的内外挿法について以下に示す。

表 7-3　流速内外挿法

数値計算手法	考え方	検証方法
平面 2 次元流況計算 平面 2 次元河床変動計算 3 次元流況計算 3 次元河床変動計算	2 次元あるいは 3 次元数値解析から流量あるいは流速横断面分布を算出	水位と流速による観測値と計算値の比較
力学的内外挿法	観測値を「データ同化」	観測値をデータ同化していることから検証する必要はない。
最大エントロピー法	河川横断面における情報エントロピーの最大化	観測値を境界条件として算出するため、観測値と計算値は一致する

7.2.1　力学的内外挿法

＜考え方＞

力学的内外挿法は、流量観測で得られた流速観測値を合理的に取り込み得るデータ同化手法を導入した流動モデルを用いて、流速の横断分布や流量を推定する手法であり、流体運動の力学条件を満足しつつ流速データの空間内外挿を行う手法である。

＜解　説＞

力学的内外挿法（Dynamic Interpolation and EXtrapolation method,）は、流速データ同化技術を組み込んだ河川流計算手法である。基礎方程式では、三次元運動方程式から移流項や主流方向乱流拡散項等の観測困難・微小項を省略し、その代わりに付加項 Fa を導入している。付加項 Fa を介して流速データが河川流計算に同化され、観測された流速データを基に運動方程式を満足する流速の「面」データに内外挿する手法である。

他の数値解析手法などの 2 次元、3 次元解析では、観測断面のみのデータによる解析は困難であり、計算に多大な労力が必要となる。しかし、力学的内外挿法では観測断面の形状、流速、水位を用いて解析を行うことが可能であり、観測された流速値から流量を算出する手法として適した手法として、論文などが多数発表されている。

力学的内外挿法は、『河川砂防技術基準　調査編、pp.第２章第４節－３　～　第２章第４節－4、令和４年６月.』に新たに記載された新技術である。

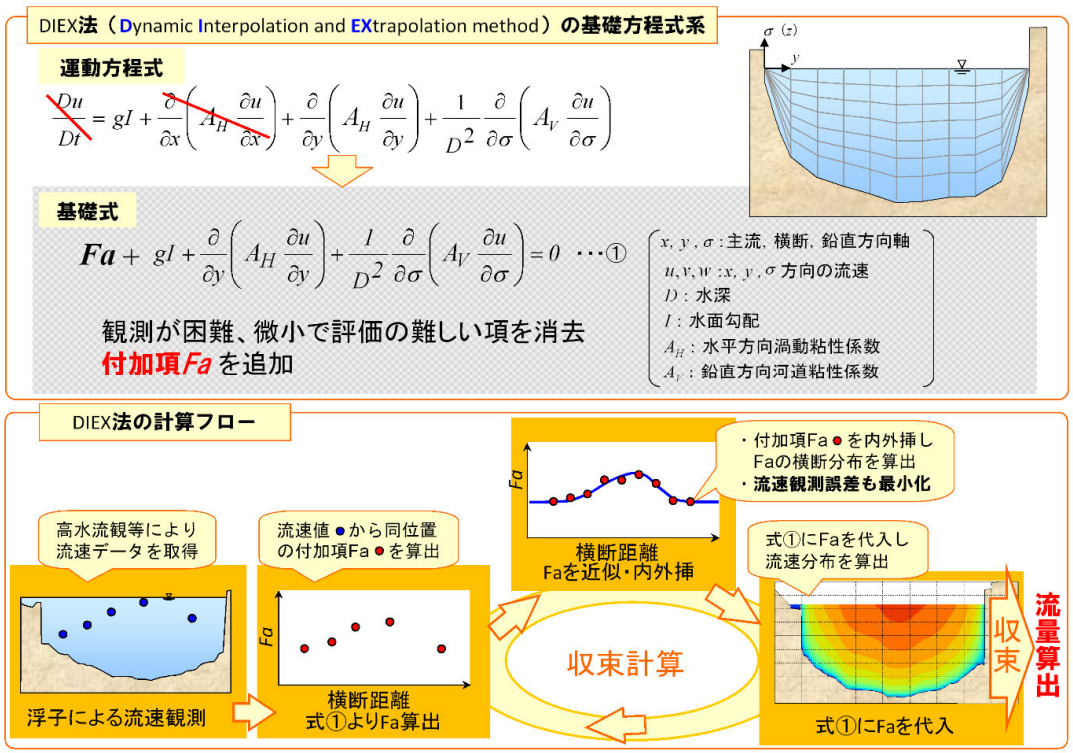


図 7-1　力学的内外挿法で用いる基礎式と計算フロー概念図

＜参考となる資料＞

1) 二瓶泰雄，木水啓：H-ADCP観測と河川流量計算を融合した新しい河川流量モニタリングシステムの構築，土木学会論文集B，Vol.63 No.4，pp.295-310，2007.

2) 木水啓，二瓶泰雄，北山秀飛：H-ADCPとDIEX法を用いた河川流量計測法の洪水流観測への適用，水工学論文集，Vol.51，pp.1057-1062，2007.

3) 原田靖生，二瓶泰雄，北山秀飛，高崎忠勝：H-ADCP計測と数値計算に基づく感潮域の河川流量モニタリング　～隅田川を例として～，水工学論文集，Vol.52，pp.943-948，2008.

4) 御厨純，二瓶泰雄，鈴木大樹，中山朝陽：2台のH-ADCP計測とDIEX法に基づく複断面河道の洪水流量計測～台風1112号出水を例に～，土木学会論文集B1（水工学），68/4（2012）I_1345-I_1350.

5) 柏田仁，二瓶泰雄，髙島英二郎，山﨑裕介，市山誠：力学的内外挿法（DIEX法）に基づく「点」から「面」流速データ推定法の構築，河川技術論文集，Vol.17，pp.23-28，2011.

6) 柏田仁，二瓶泰雄，山下武宣，山﨑裕介，市山誠：電波流速計による表層流速計測とDIEX法に基づく流量推定手法の提案，河川技術論文集，Vol.18，pp.393-398，2012.

7) 柏田仁，藤田一郎，本永良樹，萬矢敦啓，二瓶泰雄，中島洋一，山﨑裕介：統一された流速内外挿法に基づく様々な流速計測技術の流量推定精度，土木学会論文集B1（水工学），Vol.69，No.4，I_739-I-744，2013.

8) 柏田仁，二瓶泰雄：幅広い条件下における力学的内外挿法の流速・流量推定精度の検証，土木学会論文集B1（水工学），Vol.71，No.4，I_835-I_840，2015.

9) 中村友洋，二瓶泰雄，根岸大介：8年間にわたるH-ADCP流量モニタリングシステムの運用と精度検証，河川技術論文集，Vol.21，pp.89-94，2015.

7.2.2　力学的内外挿法の応用

＜例　示＞

流速内外挿法の適用にあたり、上記の様に断面流量を算出する方法に加え、下記の様な使用方法もある。

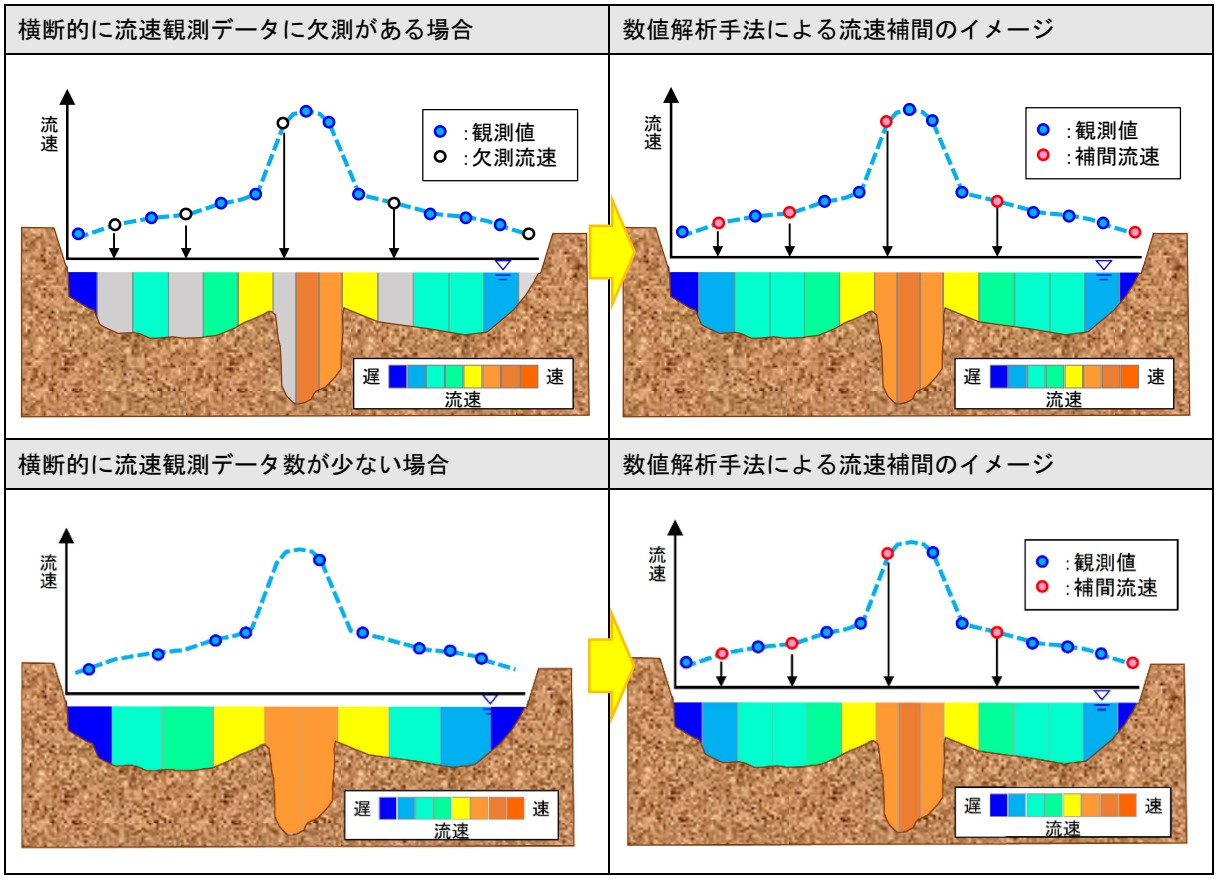
本来は標準法のように横断的に密な流速横断分布が必要であるが、やむを得ず流量観測を緊急かつ迅速に行わなければならない場合の最小浮子流速測線数で観測を実施した場合のように横断的に粗な流速横断分布しか得られない場合や区分断面の流速に欠測が生じた場合等に計測された水表面流速値をもとに、流速内外挿法を用いて、標準法と同等の区分流速を補間する。その後の手順は通常の区分求積法と同様に、表面流速係数を乗じることで区分断面平均流速を算出し、区分求積法により区分流量を合算し流量を算出する。

＜解　説＞

非接触型流速計測法（電波流速計あるいは画像処理型流速測定法（STIV））で得られた水表面流速を用いて流量を算出する際、一般的には区分求積法に示したとおり、区分求積法による流量算出が考えられる。しかし、観測データが欠測、棄却された場合、観測データ数が少なくなり流量算出の精度が低くなる可能性がある。

このため、数値計算手法などを用いて、水表面流速の補間をすることで流速観測データを補い、「区分求積法」に則った流量算出が有効である。

表 7-4　力学的内外挿法による流速補間の概念図一覧



7.2.3　最大エントロピー法による流量算出

＜例　示＞

画像処理型流速測定法では条件を満たせば撮影範囲内の自由な箇所で河川表面流速を計測可能であるが、横断方向に密に流速を計測できる場合に、表面流速係数を使用しない流量算出方法として、最大エントロピー法を用いた手法が提案されている。

＜解　説＞

ここでの最大エントロピー法（Maximum Entropy Method：MEM）とは、河川横断面における情報エントロピーの最大化を行うことで、断面内の流速分布を推定するものである。

最大エントロピー法では、断面内の最大流速と断面平均流速の比を表すエントロピーパラメータ M 等を用いて、断面流速分布を算出するが、近似式を適用することで、河床形状と表面流速の横断分布のみから推定を行う実用的な手法も提案されている。

断面流速分布が得られれば、表面流速係数を用いることなく、流量の算出が可能となる。

なお、表面流速の横断分布の計測密度は、浮子測法の標準法での測線数が一つの目安となる。また、ISO748（Hydrometry — Measurement of liquid flow in open channels using current-meters or floats)では、一つの測線が分担する流量を全流量の 5%以内とすることが基準とされており、測線数を設定する際の参考となる。

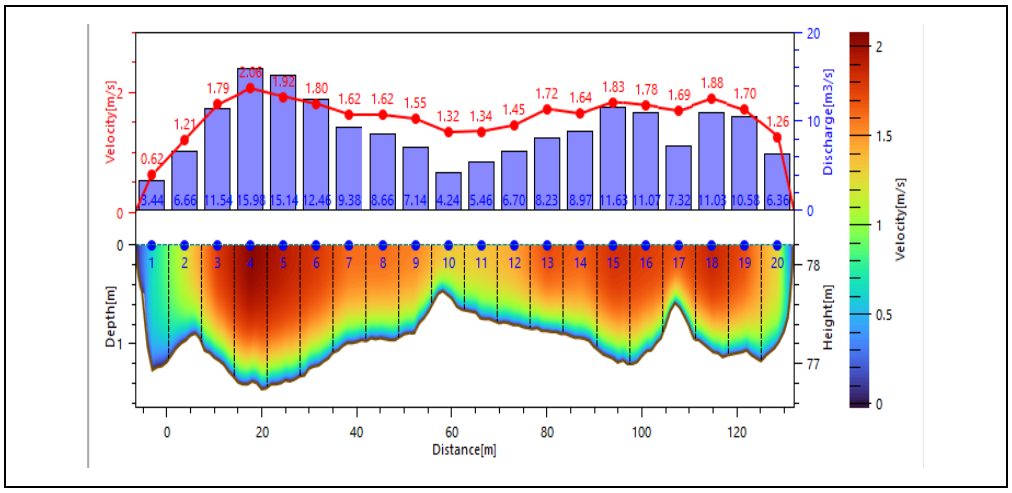


図 7-2　最大エントロピー法による断面流速分布の算出イメージ

＜参考となる資料＞

1) Chiu, C.-L.　and Said, C. A. A. : Maximum and Mean Ve-locities and Entropy in Open-Channel Flow, Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 121, No. 1, pp. 26–35, 1995.

2) Moramarco, T. , Saltalippi, C. , and Singh, V. P. : Estima-tion of Mean Velocity in Natural Channels Based on Chiu's Velocity Distribution Equation, J. Hydrol. Eng., Vol. 9, No. 1, pp. 42–50, 2004

3) 藤田一郎，濵田拓也，西山貢平，谷昂二郎：最大エントロピー法による流量観測の高度化と時空間画像を用いた河川表面乱流場の計測，土木学会論文集 B1（水工学）, Vol. 75, No. 2, pp. 631-636, 2019

8. 観測データのチェック方法

＜考え方＞

高水流量観測データのチェックは、観測データの異常値の検出、正常値、推定値及び欠測の処理並びに観測データからの流量換算方法の妥当性の評価及び修正を行うものであり、水文観測資料の品質を確保するために重要なプロセスである。

＜解　説＞

本手引き（案）に示す非接触型流速計測法の観測データは、当面、参考値として水文データとして記録されるが、今後照査が計画され実施される場合を想定し、照査が可能なようにデータの記録及び保管を行う。

なお、詳細については、「水文観測データ品質照査要領（案）」によるものとする。

8.1　電波流速計データのチェック

＜考え方＞

電波流速計は、水表面に照射した超音波のドップラー現象を用いて水表面流速を計測する機器である。

電波流速計機器の種類としては固定式と可搬式がある。ここでは、電波流速計データのチェックとして共通の事項を示し、機器の種類ごとの特有のチェックは個別に示す。

8.1.1　電波流速計データのチェックの共通事項

＜必　須＞

観測技術「3. **電波流速計法**」に示される機器仕様、機器の設置、計測法に基づいて計測がされていることが必要である。チェックにおいては、以下の 2 段階で実施するものとする。

第 1 段階：観測記録に記載される値を基に、当該観測が必要な観測条件を満足しているかについてチェックを行う
（計測適用性のチェック）

第 2 段階：計測値の時系列分布、横断分布特性から計測値についてチェックを行う
（計測値のチェック）

＜解　説＞

(1)　計測適用性のチェック

計測適用性のチェックでは、1 秒間隔で計測された時系列の流速計測値を図化することで異常値が計測されていないかを判断し、異常な値が計測されている場合、**表 8-1** の値を満足しているかを確認する。

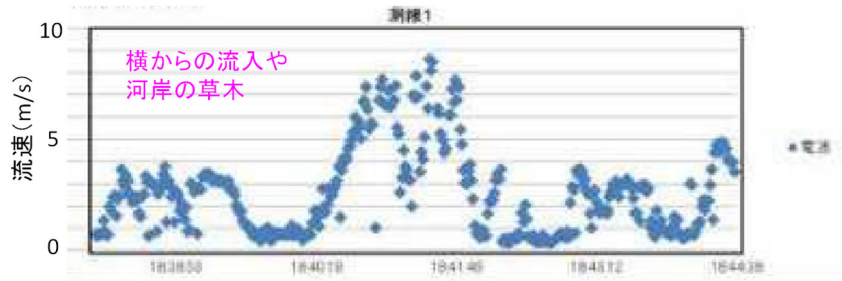
時系列観測データを図化することで、観測期間中の電波流速計による水表面流速値や平均化処理を行う場合の継続時間の確認、異常値流速の棄却等を行う。

計測期間中の電圧低下で正常な水表面流速を記録できていない場合や水面の揺動などによる流速値のばらつき、平均化処理をする対象の水表面流速もチェックする必要がある。

表 8-1　電波流速計チェックシート（共通事項）

チェック項目	基準値	備考
使用機器の検定状況	検定書の有無	検定時期と有効期間を確認
対象計測の流速範囲	0.50m/s～20.00m/s	機器仕様範囲内であること
計測位置	区分割などの区分地点	
観測時、照射面の雨滴、汚れ	カバーの装着、汚れが無いこと	
設置位置から水面までの照射距離 （センサから水面までの対水面間距離）	1～30m	機器仕様範囲内であること 但し、水面の状態により異なる
観測横断位置	事前に設定した横断位置であること	
水面に対する機器の俯角	40～45.°	機器仕様範囲内であること
流向に対する機器の偏角	0° とする	
照射範囲での水面状況、障害物の有無	障害物がないこと	写真、動画で確認
観測時の降雨量	-	
観測サンプリング時間	1 秒間隔	
平均化アルゴリズム	-	

表 8-2　電波照射区域に障害物が生じた例

計測値

照射区域の状況

(2)　計測値のチェック

計測が機器仕様を満足して観測が行われている場合、計測流速について、下記の様な処理を行うことで計測値のチェックを行う。

- 計測値の時系列分布
- 計測値の横断分布
- 計測値の水位-流速関係

1)　計測値の時系列分布のチェック

電波流速計は、データサンプリングを重ねスペクトル演算により中心周波数を算出し、ドップラー周波数から流速値を算出する。このため、計測時間を長くして、重ねるデータサンプリング数が多くなれば精度は高くなると想定される。

一方で、時系列データを表示すると図 8-1 のように流速値が 2 極化して計測される場合がある。このような状況では、全体で平均化処理を行うと、誤差が大きく含まれるため、異常値を棄却して平均化処理を行う必要がある。

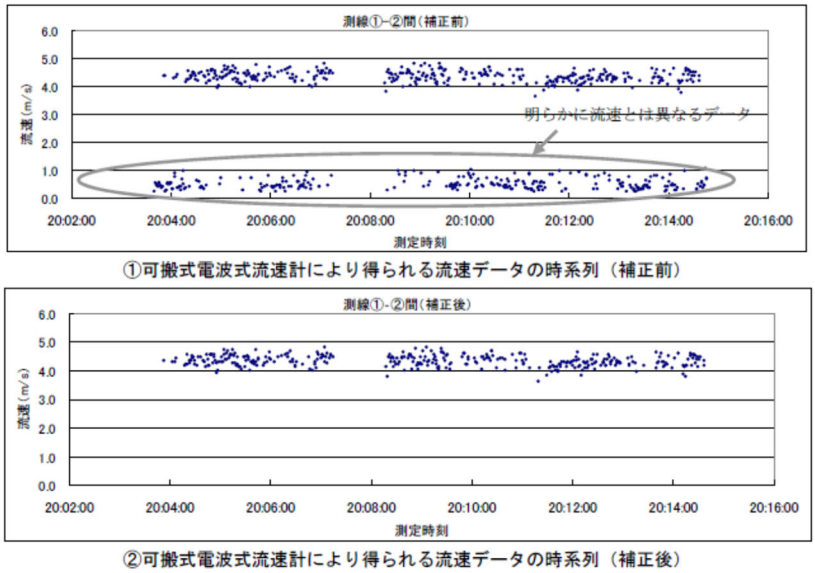


図 8.1　電波流速計の時系列データのチェック

参考：

機器によっては、計測時間間隔を 5 秒以上に設定した場合、計測器の内部で異常値処理を含む平均化処理が行われている場合がある。しかし機器内部の異常値処理アルゴリズムの検証などが困難であることから当面は 1 秒間隔の計測値を用いてチェックを行うこととする。

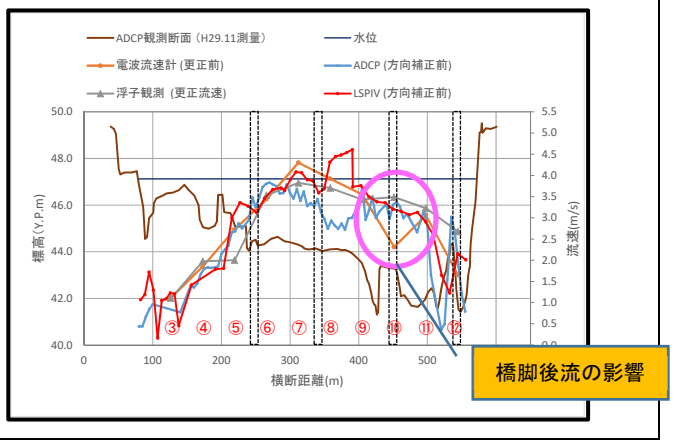
2)　横断分布のチェック

平均化処理を行った各測線での流速分布を横断図に重ねて示すことで、計測流速の横断形状についてのチェックを行う。横断方向での観測流速値を河道横断面形状と重ねることで、河道横断面形状から想定される流速分布と大きく異なっていないかをチェックする。

特に、高水敷、低水路河岸との境界部では、水位状況によっては高水敷の流速でなく植生の揺れ等を誤って観測している例などもあり、注意が必要である。

また、橋脚下流部での橋脚後流の影響がある箇所においては流速変動が大きい場合がある。そのような場合は計測時間間隔、観測計測時間の妥当性についてチェックを行う必要がある。また、河岸では河岸渦が生じ流速変動が大きい場合がある（図 8-2）。

表 8-3　横断流速分布によるチェックの例

橋脚とその後流の様子
不具合のある例


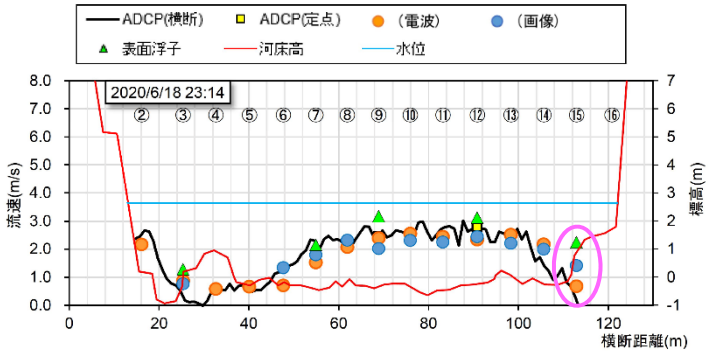
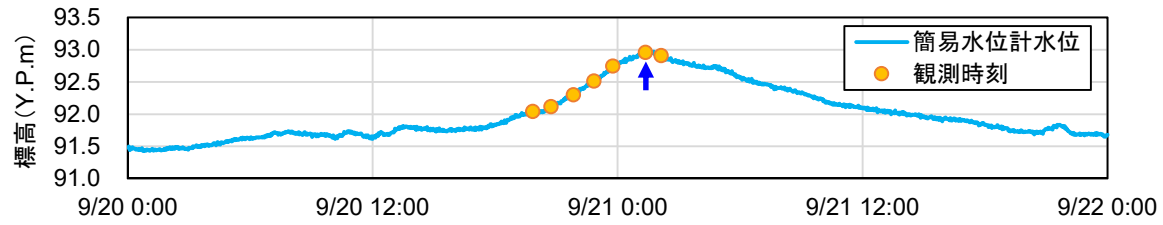


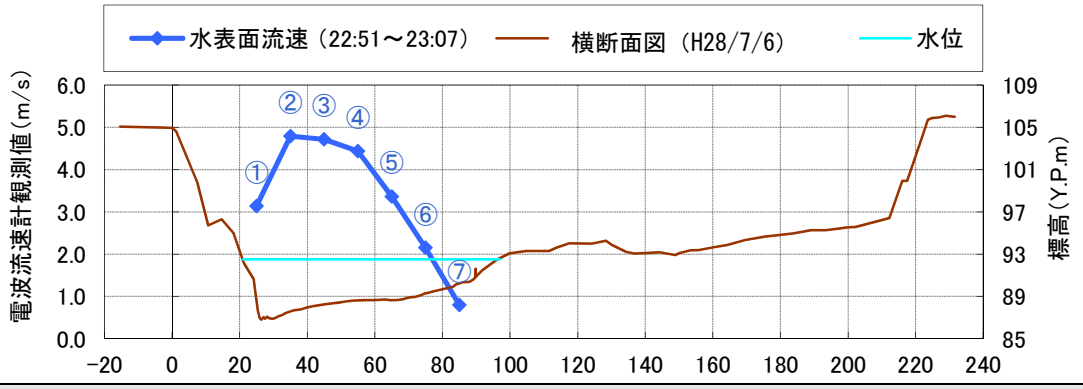
図 8.2　河岸渦が生じ流速値にばらつきがみられる事例

表 8-4　正常に観測された事例（横断流速分布、時系列流速分布のチェックの例）

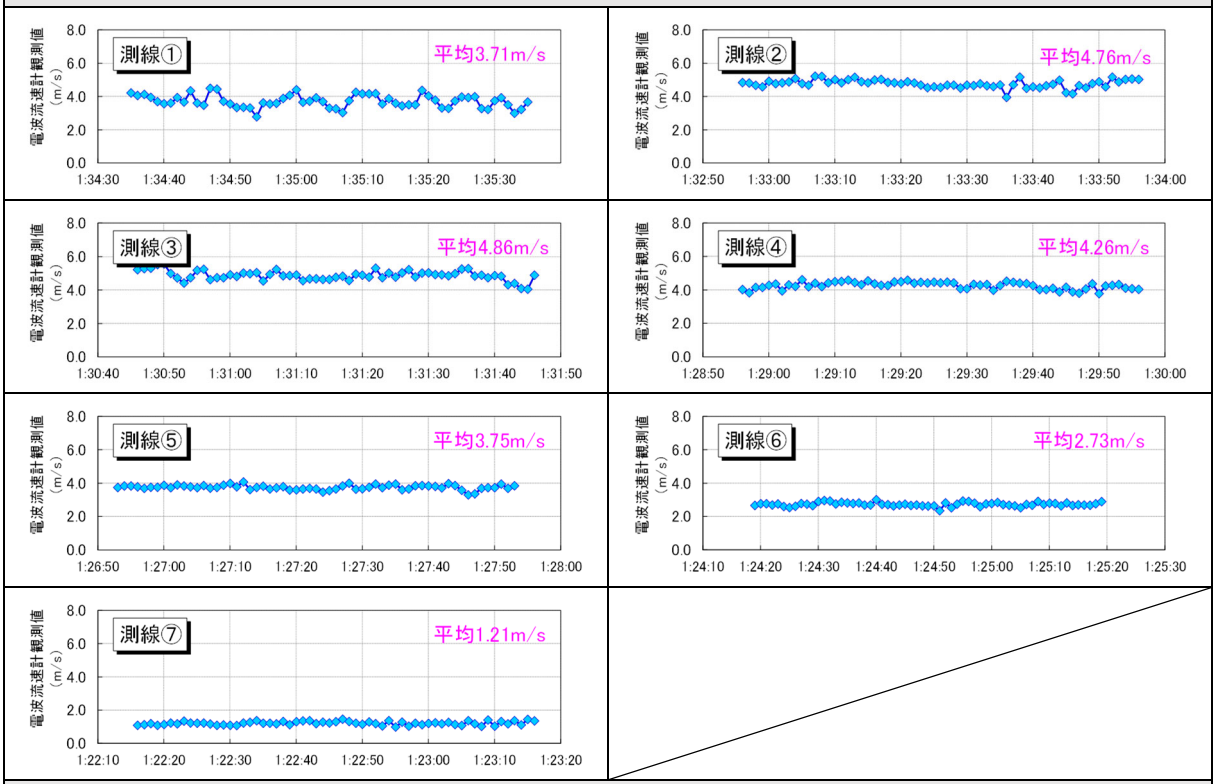
水位ハイドログラフ



電波流速計の横断分布



測線ごとの水表面流速結果



評価・考察

・ 測線ごとに 1 秒間隔で 60 秒間計測した値を平均（標準偏差±1σ 外の値は除外）し測線の水表面流速とする。

・ 水表面流速が可搬式電波流速計で計測できる閾値（0.5m/s）以上であり、大きなばらつきもない。

・ 全ての測線について良好に水表面流速観測ができている。

8.1.2　固定式電波流速計

＜必　須＞

固定式電波流速計で計測を行っている場合、洪水時の観測地点の流況については観察されていない場合が多い。

このため、固定式電波流速計による計測流速については、流速と水位の時系列変化の関係をチェックしなければならない。

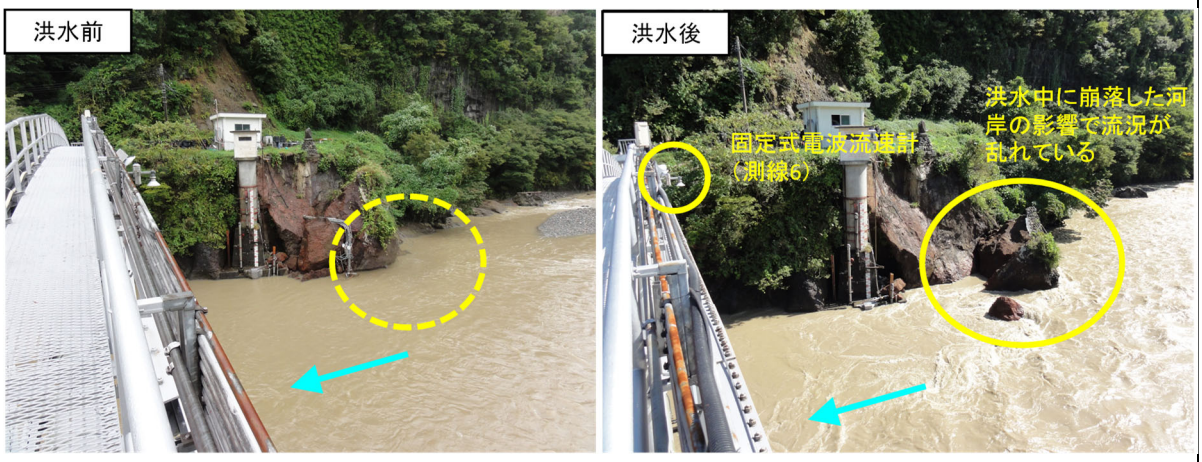
＜解　説＞

固定式電波流速計による洪水観測時には、現場は無人であり、可搬式電波流速計のように現地の状況を十分に記録できない。しかし、観測地点下流での橋脚や流木集積による水位の堰上げなどが生じる場合がある。

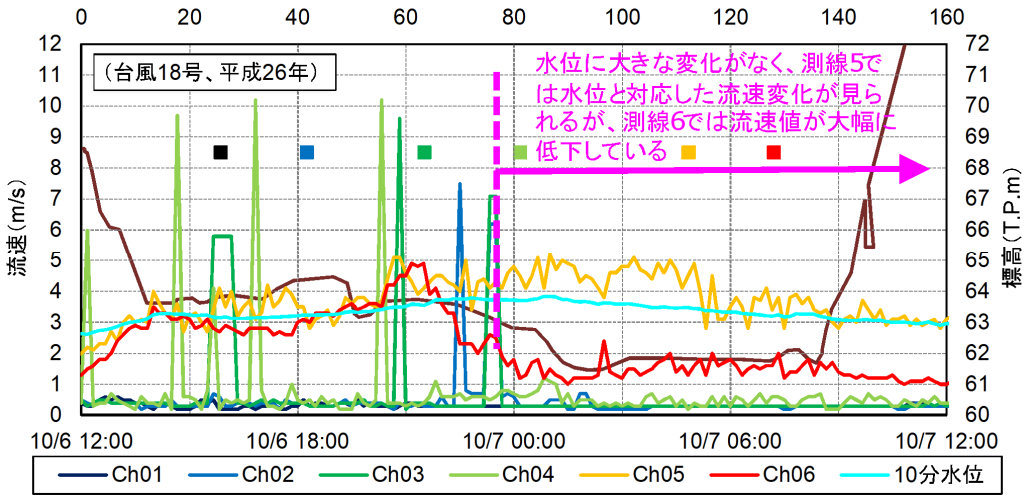
このため、各測線での固定式電波流速計の計測流速の変化と水位変化を比較する。

表 8-5　流況の異常と計測流速と水位変化の比較

固定式電波流速計　測線 6 の上流の様子



観測期間中の流速と水位の変化



※Ch01～04 の計測範囲は高水敷であり、計測されている値は無効値である

8.1.3　可搬式電波流速計

＜必　須＞

可搬式電波流速計の場合、橋上で電波流速計を横断的に移動しながら計測を行うため、計測地点の状況について、観測記録に基づいてチェックしなければならない。

可搬式電波流速計による水表面流速計測については、共通のチェックシートに加え、機器の電源、記録媒体の容量、計測時の機器の振動についてチェックする（計測時の機器の振動は、その周波数によって電波流速計の水表面流速計測値に影響を与える場合がある）。

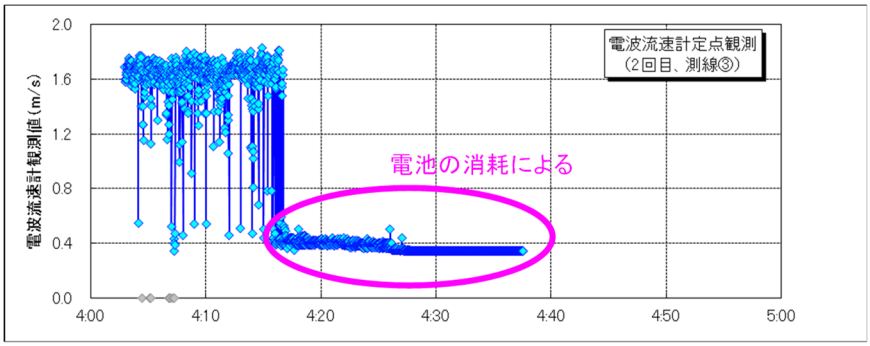
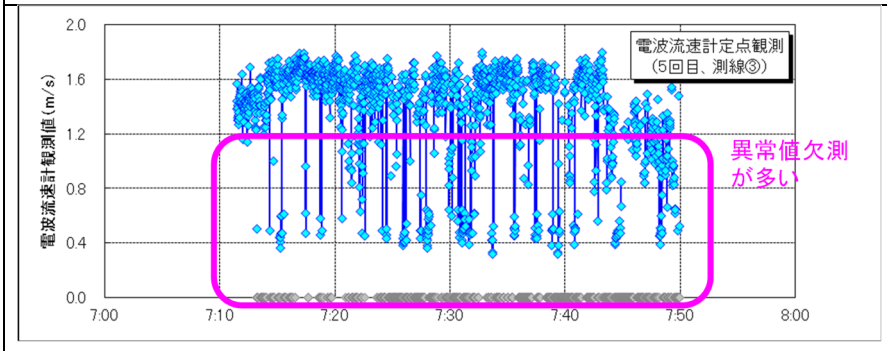
＜解　説＞

可搬式電波流速計については、共通のチェックシート（表 8-1）のほかに、表 8-6 に示すチェックを行う。

表 8-6　可搬式電波流速計　チェックシート

項目	基準値	備考
機器の電源	―	電源容量の低下はなかったか
記録媒体の容量	―	記録媒体に十分な空き容量があること
計測時の振動	―	大型車両の通行などで振動が生じていなかったか等

表 8-7　異常値の事例

計測値	異常値の要因
	計測期間中の電源の低下の例（電池の消耗）
	定点での長期間観測時の観測値の変動 橋脚下流側の水面揺動が著しい区間での観測事例 流速観測値の変動と欠則頻度の増加

8.2　画像処理型流速計測データのチェック

＜考え方＞

画像処理型流速測定法は、高感度カメラ、CCTV カメラ、遠赤外線カメラなどにより撮影された画像を幾何補正することで水平な画像に投影し、その画像を対象に画像解析を行うことで流速計測を行う方法である。

画像処理型流速測定法としては、STIV 法を示している。ここでは、画像処理型流速測定法の計測データチェックの共通事項として示し、STIV 法特有のチェックは個別に示す。

8.2.1　画像処理型流速計測データのチェックの共通事項

＜必　須＞

画像処理型流速測定法による計測値に対するチェックは、以下の 3 段階でチェックを行うものとする。

第 1 段階：観測記録に記載される値を基に計測の適用性を満足しているかについてチェックを行う
（計測の適用性のチェック）

第 2 段階：取得した映像の幾何補正で所定の精度を満足しているかについてチェックを行う
（幾何補正のチェック）

第 3 段階：計測値の時系列分布、横断分布特性から計測値についてチェックを行う
（計測値のチェック）

＜解　説＞

(1)　計測適用性のチェック

計測適用性については記録シートの項目に対し、**表 8-8** を満たしているかチェックする。

表 8-8　画像処理型流速測定法のチェックシート（共通事項）

チェック項目	チェック内容	備考
画像撮影機器が所定の仕様を満足しているか	「4. **観測技術**」の「4.2　**画像撮影機器の仕様**」を確認する	
撮影対象範囲（画角設定）	撮影範囲について所定の画角範囲を満たしているか	
画像の視認性	録画された映像は水面の波紋、模様、流下物などを視認可能な映像か	
画像の安定性	画像のぶれや撮影時の画角（俯角、方向角）、焦点距離の変更などが行われていないか	
画角内に画像解析に必要な標定点は映っているか	左右岸それぞれ 3 点以上	最大 10 点
撮影カメラのレンズ位置は測量されているか	使用する解析ソフトにより必要に応じて測量する	
標定点の 3 次元座標データは正確に測量されているか	対象区域の平面図への標定点位置（左右岸の座標点（X,Y））のチェック	

(2) 撮影した映像の幾何補正のチェック

画像処理型流速測定法で用いる映像は、一般的に、斜め映像である。

撮影した映像を用いて画像処理型流速測定法により流速を計測する場合、撮影した映像に長さの次元を与えるため、かつ、斜め映像に対し幾何補正を行い真上からの映像に変換する必要がある。

幾何補正は、撮影された映像内に映る 3 次元座標が既知の標定点を用いて行う。幾何補正が正しく行われないと映像は歪んだものとなり、画像処理型流速測定法による流速値は誤差を含むこととなる。

このため、この幾何補正が正確に行われているかをチェックする。

幾何補正による精度が、表 8-9 に示す誤差の目安に収まらない場合には、対象とする標定点を変更する等の調整を行い、所定の精度に収まるように繰り返し幾何補正を行うことが必要である。

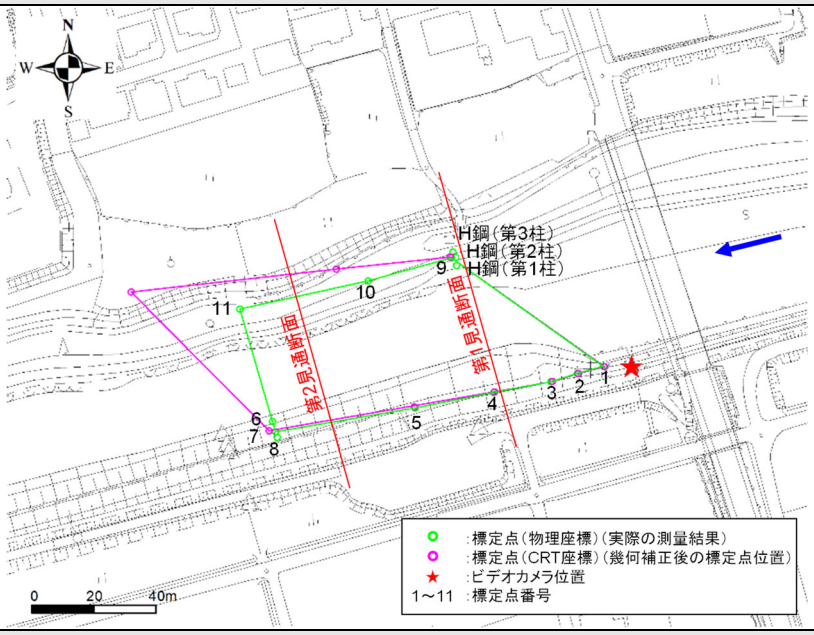
表 8-9　幾何補正精度の目安

高精度な流速計測に直接影響する評価項目	
流下方向の標定点間距離の誤差	5%以内
高精度な流速計測に影響する評価項目	
横断方向の標定点間距離の誤差	5%以内
標定点による多角形の面積誤差	5%以内

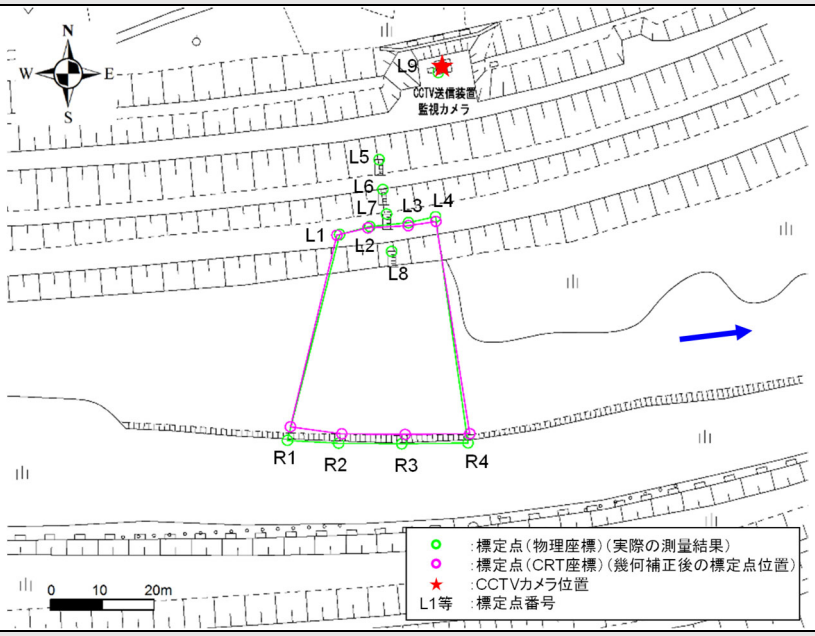
具体的には、表 8-10 のように、測量を行った平面図上の標定点と撮影映像上の標定点を幾何補正した場合の座標を比較し、その標定点位置のずれから誤差を算出することでチェックを行う。

表 8-10　幾何補正精度の精度比較

低精度な幾何補正



高精度な幾何補正



評価

・高精度に幾何補正されたケースでは幾何補正後の標定点位置が平面図上の標定点位置と一致しているが、低精度の場合は幾何補正後の標定点（ピンク色）が平面図上の標定点（緑色）と大きく異なっていることが分かる。

・幾何補正のチェックでは、標定点の位置が精度良く算出されてるかについてチェックを行う必要がある。

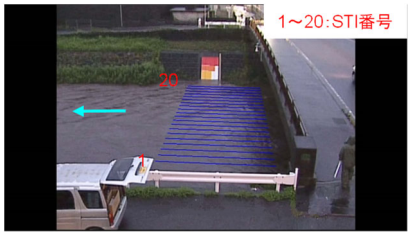
・幾何補正による誤差が規定の５％に収まらない場合は、対象とする標定点を変更したり、再度標定点の画像上での設定を見直したりすることで調整を行い、所定の精度に収まるように繰り返し幾何補正を行うことが必要である。

(3)　計測値のチェック

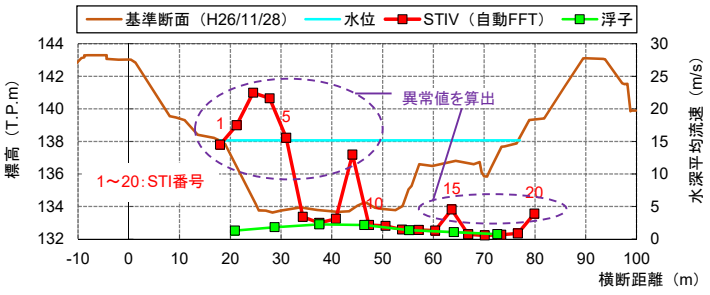
幾何補正の精度（「4.5.2　**幾何補正の精度**」を参照）を満足した映像を用いて観測が行われている場合、画像処理型流速測定法により算出された計測流速について、横断流速分布と河道横断形状の比較により計測値のチェックを行う。

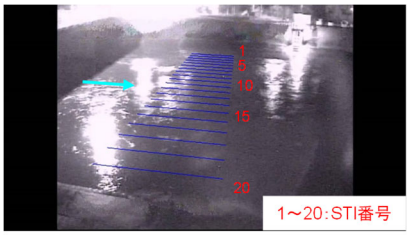
表 8-11　横断流速分布によるチェックの例

良い例



不具合のある例





評価

良い例では、映像が昼間時であり鮮明な映像のため、横断方向でほぼ浮子と同様な流速分布となっている。

不具合のある例では映像が夜間であり、街路灯の照明により反射した映像を用いているため、映像が不鮮明な領域が発生している。適切な照明で撮影された範囲は浮子と同様の流速であるが、映像の乱れている区域は異常値を算出しており、流速値として棄却処理をする必要がある。

＜例示＞

近年 AI を使った解析手法により、劣悪な条件下で撮影された画像でも解析可能になった事例を示す。

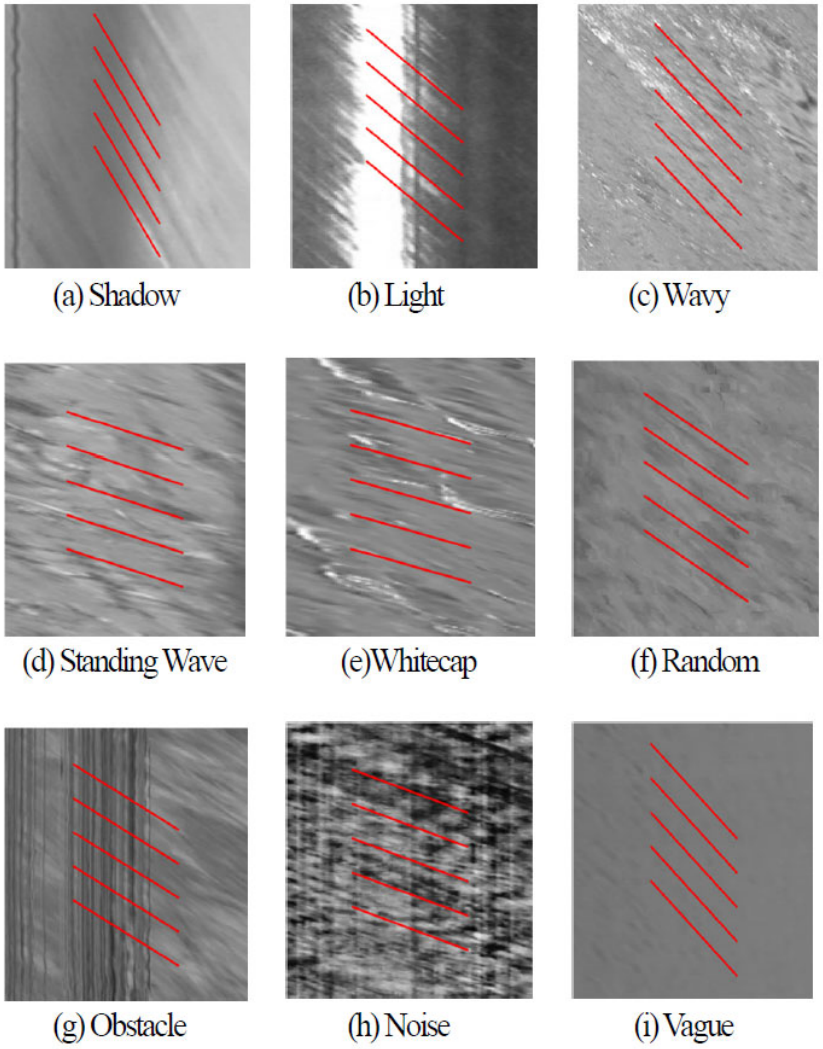


図 8.3　AI による STI の解析事例と手動による確認結果

＜参考となる資料＞

1)　藤田一郎・渡辺 健・井口 真生子・長谷川 誠, 深層学習を用いた STIV 解析の高性能化, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol.76, No.2, I_991-I_996, 2020.

8.2.2　STIV

＜必　須＞

STIV 法を用いて画像解析により流速計測を行った観測については、STI 画像が**表 8-12** の仕様を満たしているかについてチェックしなければならない。

STI（時空間画像）から流速を算出する場合、STI 画像に現れる模様の傾斜と STI 画像から示される流速の傾斜線が一致しているかについて目視でチェックしなければならない（**表 8-13**）。

表 8-12　画像処理型流速測定法（STIV）のチェックシート

チェック項目	チェック内容
時空間画像の視認性	STI 画像において明確な傾斜線が現れているか。
検査線の位置	撮影画角に対し概ね横方向に検査線が位置しているか。
検査線の本数	検査線の本数は、浮子測法における標準法以上としているか。
検査線の長さ	検査線の長さは、10~20m 程度としているか。検査線上で流速変化に差異がないような十分な区間がとられているか。
検査線の時間（解析時間）	検査線は画像内で一様流とみられる部分で、できるだけ長くとり、撮影時間は 30 秒程度となっているか。解析時間は適切に確保されているか（任意の時間）。
時空間画像と計測流速	時空間画像上の模様の傾きと算出される流速の傾きが一致しているか。

＜解　説＞

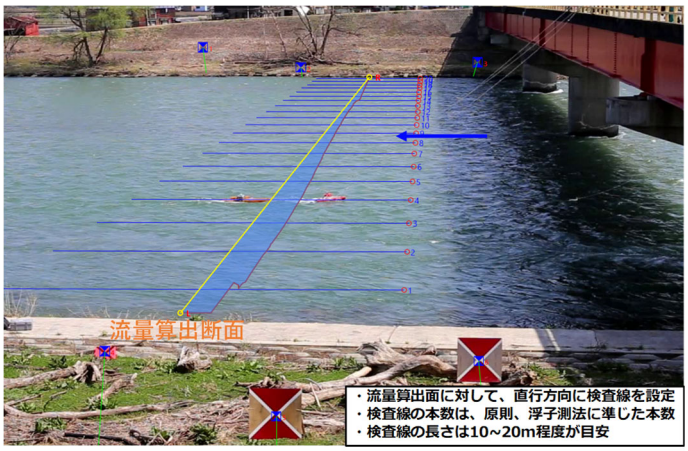
(1)　STIV 法の仕様について

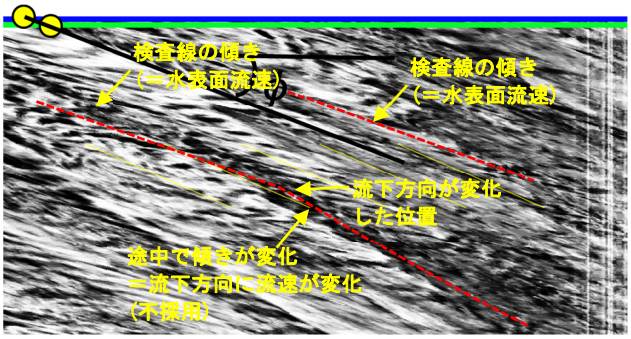
STIV 法を用いて画像解析により流速計測を行う場合、時空間画像（STI）の品質、形状が解析精度に影響を及ぼすことがわかっている。そこで、STIV を用いる場合、検査線の諸条件、STI 画像についてチェックが必要である。近年 STIV 解析ソフトでは AI（深層学習）解析が開発され、目視で判断できないような小さな傾きの場合でも自動的に精度よく計測可能となっている。

(2)　STI 画像の目視チェックについて

STI（時空間画像）から流速を算出する場合、解析ソフトによっては自動的に流速を算出する機能を有しているものがある。その場合、目視で確認する STI の模様の傾斜と解析ソフトが自動抽出する模様の傾斜（解析流速）で異なる傾向を示す場合があることに注意する（表 8-13）。

また、強風時などに流れの波紋と吹送流による波紋が STI 画像上に混在する場合がある（表 8-14）。このような場合は撮影映像を確認し、STI 上の波紋の状況を確認することが必要である。

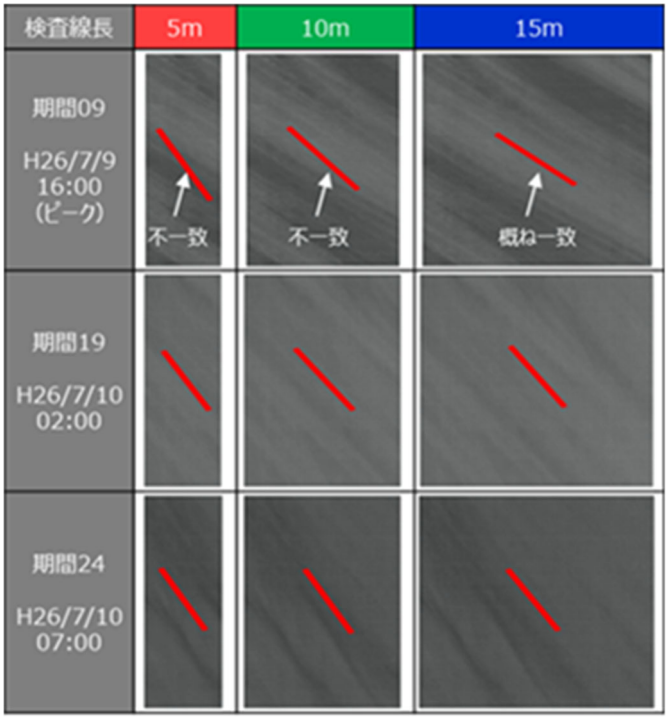




検査線の長さ≒検査線の時間

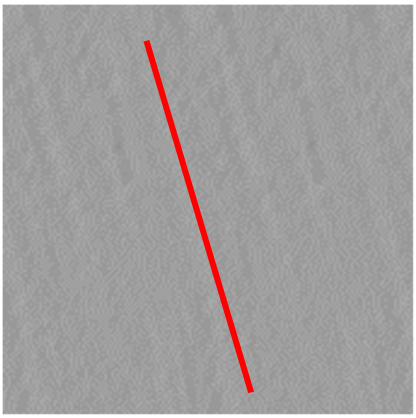
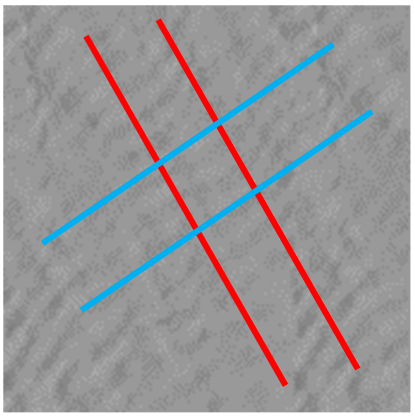
図 8.4　STI の概念図

表 8-13　STI 画像と流速のチェックの例



※赤線は、STIV ソフトウェアが自動認識した縞模様の勾配の平均値

表 8-14　強風時の STI 画像の例

通常の波紋（流れ方向の斜め線）	逆風により流れ方向の波紋（斜め線）だけでなく、吹送流による波紋も出る場合
	

8.3 流量記録のチェック

8.3.1 区分求積法

＜考え方＞

区分求積法は、区分割に応じた区分断面に対し、計測された流速から表面流速係数（電波流速計と STIV）を用いて区分断面平均流速を算出し、区分断面積を乗じて区分流量を算出、その区分流量を合算することで断面流量を算出する手法であり、水文観測業務規程等に示されている手法である。

表 8-15 区分求積法のチェックシート

チェック項目	チェック内容	備考
横断形状は観測時の横断形状か	流量算出に用いる断面は観測時の断面データとなっているか	
区分断面の設定	設定した測線に応じた区分断面となっているか。	
計測された流速は妥当か	採用する流速値は、横断流速分布などから見て適切な流速値であるか	
水位は適切か	流速計測時の水位を用いているか 計測された水位は適切な水位であるか	
計測されている流速は区分断面の流速となっているか	電波流速計、画像処理型流速測定法による計測値は対応する区分断面の流速となっているか。	
水表面流速について風補正は行われているか	非接触型流速計測では水表面流速を計測するため風補正は必要である。	電波流速計は土研の風補正の式により算出できる。画像解析法については現状では風補正に関する知見が少ない。
表面流速係数は適切か	水表面流速の表面流速係数を用いているか。	

8.3.2 数値解析手法

＜考え方＞

ここでは、数値解析手法として観測値のデータ同化手法である力学的内外挿法についてのチェック方法を示す。

力学的内外挿法は、観測された横断流速分布に対し、流体運動の力学条件を満足しつつ流速データの空間内外挿を行う手法である。チェック内容としては、区分求積法と同様に、用いる断面データ、観測水位、観測流速についてチェックを行うが、加えてチェックでは解析に用いるパラメーターが適切であるかについてチェックを行うことが必要である。

表 8-16 力学的内外挿法のチェックシート

項目	基準値	備考
横断形状は観測時の横断形状か	流量算出に用いる断面は観測時の断面データとなっているか	
水位は適切か	流速計測時の水位を用いているか	
計測された流速は妥当か	横断流速分布など採用する流速値は適切な流速値であるか	
流速データの横断位置	観測された流速の横断位置は適切か	
Fa の内外挿法は適切か	一様法を標準とするが、断面特性、流速分布形状に応じて適切な関数が用いられているか	
粗度係数は適切か	低水路、高水敷に用いる粗度係数は適切な値を用いているか	

9. 観測データの記録

＜概　説＞

本節では、観測されたデータの記録整理と保存について定めるものである。観測データを決められた様式に記入して整理することで、技術的及び統計的な観点から観測データの品質に関する照査を行うことを可能とし、水文観測データとしての保管が可能となる。

9.1 電波流速計の記録

9.1.1 固定式電波流速計

＜必　須＞

固定式電波流速計を用いた高水流量観測データの整理は、以下に定められた方法・様式に従って、実施しなければならない。

＜標　準＞

固定式電波流速計の観測所及び観測機器に関する記録は、「13. 記録様式集」の様式電波 1 の 1 から 1 の 3 までによる。

固定式電波流速計では、既存の設備により流速の記録、流量算出が可能であるため、観測データに関する記録は、基本的に不要である。必要に応じて、「13. 記録様式集」の様式電波 1 の 4、1 の 5 による記録を行う。

＜解　説＞

(1) 台帳

固定式電波流速計の台帳は、既設流量観測所であれば既存の流量観測所台帳及び付図に対し、固定式電波流速計に係わる事項を追記すると共に、様式電波 1 の 1、様式電波 1 の 2 に記録する。固定式電波流速計を既設流量観測所以外の場所に設置する場合は、『河川砂防技術基準　調査編、第 2 章　第 4 節－8、令和 4 年 6 月.』に則った台帳を作成するとともに、固定式電波流速計に係わる事項を様式電波 1 の 1、様式電波 1 の 2 に記録する。

固定式電波流速計の設置位置平面図、固定式電波流速計の設置位置断面図、固定式電波流速計の設置状況写真も併せて記載する。（様式電波 1 の 1、様式電波 1 の 2 参照）

様式電波 1 の 3 には電波照射位置の水面の状況（平水時でも可）を撮影した写真を載せるが、安全に現地に到達でき、現地作業可能な場合、出水時の写真を撮影し、載せるものとする。

(2) 機器の定期点検時などに行う記録内容

固定式電波流速計の定期点検時などに行う記録内容は、表 9-1 に示すとおりである。

表 9-1　固定式電波流速計の定期点検等の実施項目とその記録内容一覧

記載項目	基準値	点検結果
機器の精度管理	電波受信特性のチェック方法による（音叉による受信特性チェック）	
外形検査	外形に顕著な外傷がないか。	
送受信機の向き	機器の設置方向が規定の流向に合っているか。	
機器の設置	機器の設置角度が変化していないか、設置金具などに緩みがでて振動を生じることはないか	
記録媒体の確認	観測データが記録媒体に正しく記録されているか、記録媒体の容量に問題ないか、故障はないか	
動作確認	電波流速計の動作チェック（流速値表示の確認）	
水位計との時刻合わせ	電波流速計の内蔵時計と水位計の時刻は同期しているか	

(3)　観測データの記録内容

観測データの記録内容は（様式電波 1 の 4、様式電波 1 の 5 参照）に示すとおりである。

固定式電波流速計は、経時的かつ連続的に観測を行っており、基本的に計測流速の記録とともに区分求積法を用いたプログラムによって流量算出記録が行われる。本様式は毎正時の流量算出用や、浮子観測との比較用に時間を区切って流量算出することを想定した様式であり、必要に応じて活用する。

9.1.2　可搬式電波流速計の記録

＜必　須＞

可搬式電波流速計を用いた高水流量観測データの整理は、以下に定められた方法・様式に従って、実施しなければならない。

＜標　準＞

可搬式電波流速計の観測所及び観測機器に関する記録は、「13. 記録様式集」の様式 2 の 1、2 の 2 までによる。

可搬式電波流速計の観測データに関する記録は、「13. 記録様式集」の様式電波 2 の 3 から 2 の 7 による。

＜解　説＞

(1)　台帳

可搬式電波流速計は、既設流量観測所であれば既存の流量観測所台帳及び付図に対し、固定式電波流速計に係わる事項を追記すると共に、様式電波 2 の 1、2 の 2 に記録する。既設流量観測所以外の場所に設置する場合は、『河川砂防技術基準 調査編、第 2　章 第 4　節－8、令和 4 年 6 月.』に則った台帳を作成するとともに、可搬式電波流速計に係わる事項を様式電波 2 の 2 に記録する。可搬式電波流速計の外形写真も併せて記載する。

(2)　機器の定期点検時などに行う記録内容

可搬式電波流速計の定期点検時などに行う記録内容は、**表 9-2** に示すとおりである。

表 9-2　可搬式電波流速計の定期点検等の実施項目とその記録内容一覧

記載項目	基準値	点検結果
機器の精度管理	電波受信特性のチェック方法による （音叉による受信特性チェック）	
外形検査	外形に顕著な外傷がないか。	
俯角の表示	機器の設置俯角が画面表示されている俯角と一致しているか	
記録媒体の確認	観測データが記録媒体に正しく記録されているか、記録媒体の容量に問題ないか、故障はないか	
動作確認	電波流速計の動作チェック（流速値表示の確認）	

(3)　高水流量観測データの記録内容

洪水時の高水流量観測データの記録内容は様式電波 2 の 3 から様式電波 2 の 7 に示すとおりである。

流速値の品質指標とは、基本的にデータの欠測率を記録するものとする。この記録は観測回毎に行う。

様式電波 2 の 5 の可搬式電波流速計の電波照射地点の写真は可能な限り観測回毎で記録するが、難しい場合、少なくともピーク水位の観測回で記録する。

断面計算書は浮子測法と同様の様式を使用する。

9.2　画像処理型流速測定法の記録

9.2.1　STIV

＜必　須＞

STIV 法を用いた高水流量観測データの整理は、以下に定められた方法・様式に従って、実施しなければならない。

＜標　準＞

STIV による画像処理型流速測定法の観測所の記録及び観測機器に関する記録は、「13. 記録様式集」の様式画像 1 の 1 による。

STIV による画像処理型流速測定法の観測データ、STIV 解析に関する記録は、「13. 記録様式集」の様式画像 1 の 2 から 1 の 8 による。

ただし、固定式撮影機器（高感度カメラ、 CCTV カメラ、遠赤外線カメラ）の場合と可搬式撮影機器（ビデオカメラ）の場合では、記録の頻度（機器設置時、機器更新時、年 1 回、観測回毎）が異なる。

＜解　説＞

(1)　撮影機器と観測所諸元の記録

画像処理型流速測定法（STIV 法）の台帳は、固定式撮影機器の場合、既設流量観測所であれば既存の流量観測所台帳及び付図に追記すると共に、画像処理型流速測定法（STIV 法）に係わる事項を様式画像 1 の 1 に記録する。既設流量観測所以外の場所に設置する場合は、『河川砂防技術基準　調査編、p.第 2 章　第 4 節－8、令和 4 年 6 月』に則った台帳を作成するとともに、画像処理型流速測定法（STIV 法）に係わる事項を様式画像 1 の 1 に記録する。

可搬式撮影機器の場合、設置位置や使用機器が変われば、そのたびに様式画像 1 の 1 を作成する。

(2)　標定点の座標

標定点座標の記録は標定点を設置し、測量を実施した際に作成する。標定点の位置を変更した場合には再度、記録を作成する。（様式画像 1 の 2 参照）

標定点を既設構造物とした場合には、対象箇所の測量を実施した場合に作成する。（様式画像 1 の 2 参照）

(3)　撮影映像に関する記録

画像処理型流速測定法では、解析用画像を記録・保存するため、その仕様について記録を行う。（様式画像 1 の 3 参照）

この記録は観測回毎に行う。

(4)　幾何補正の記録

画像処理型流速測定法では、撮影した斜め画像を幾何補正し、正面画像に変換して解析を行うため、幾何補正に関する諸元についての記録を行う。幾何補正の記録は、幾何補正を行った際に実施する。（様式画像 1 の 4 参照）

この記録は、カメラ画角及び標定点位置が変更されるたびに行う。したがって、固定式撮影機器を使用し、年間を通して画角及び標定点位置が変更されない場合、新たな記録は不要である。

(5) 検査線の記録

STIV 解析では、撮影画像上に流量算出用の検査線を設定するため、検査線の本数、配置、長さを記録する。

この記録は、水面位置及びカメラ画角が変化する度に行う。

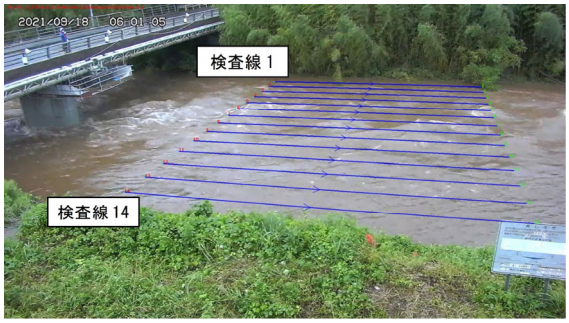
(6) 解析結果の記録

画像処理型流速測定法では、撮影した連続画像またインターバル撮影された画像を用いて解析を行う。解析結果については、解析流速値の他、画像解析による解析流速値の品質指標、各 STI 画像を記録することが必要である。この記録は観測回毎に行う。（様式画像 1 の 4、様式画像 1 の 5 参照）

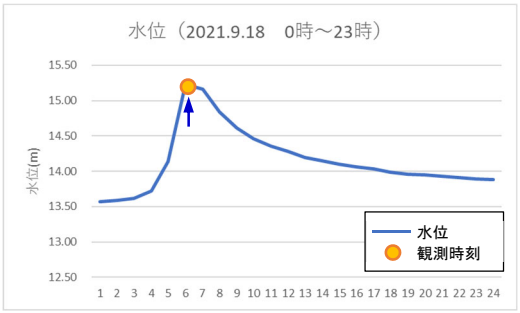
表 9-3　画像処理型流速測定法の記録例

対象日時	R3/9/18 6:00	基準水位(m)	15.0	流量（㎥/s）	

解析時動画像



水位ハイドログラフ



STIV 法による水表面流速横断図

STI

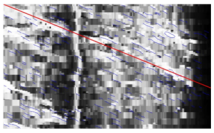
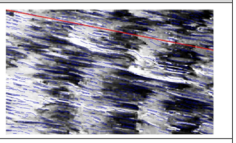
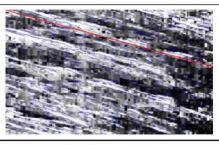
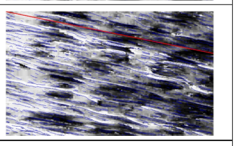
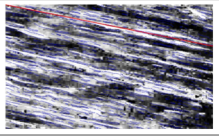
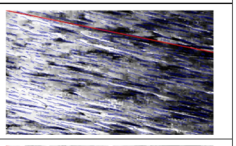
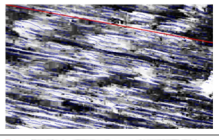
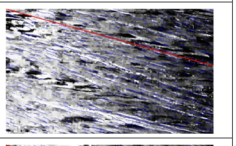
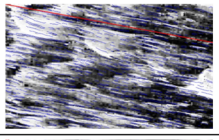
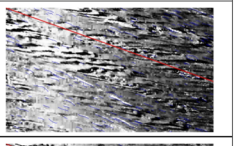
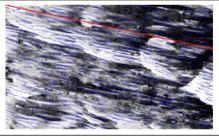
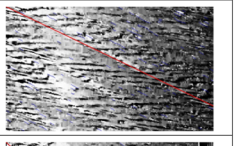
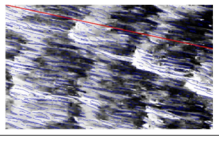
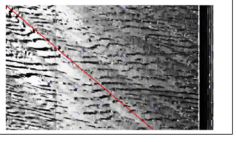
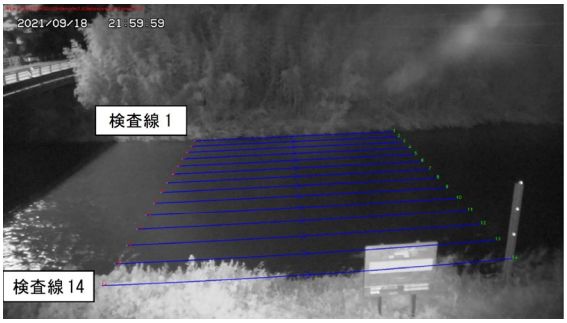
ID	流速(m/s)	STIV画像	ID	流速(m/s)	STIV画像
検査線1	1.48		検査線8	3.07	
検査線2	2.19		検査線9	2.97	
検査線3	2.99		検査線10	2.95	
検査線4	3.24		検査線11	2.19	
検査線5	3.24		検査線12	1.69	
検査線6	2.86		検査線13	1.25	
検査線7	2.80		検査線14	0.71	

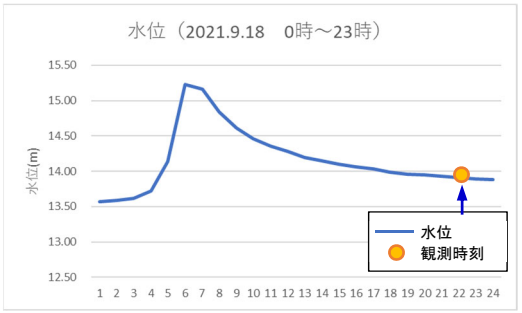
表 9-4　画像処理型流速測定法の記録例

対象日時	R3/9/18 22:00	基準水位(m)	15.0	流量（m³/s）	

解析時動画像

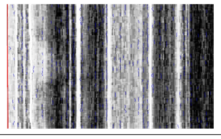
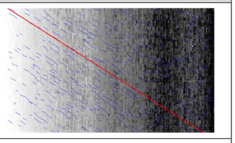
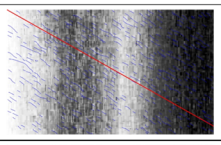
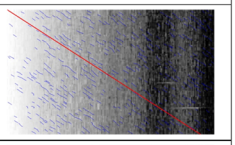
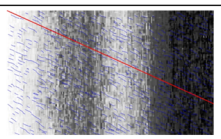
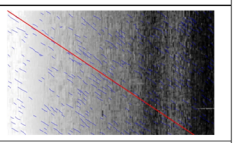
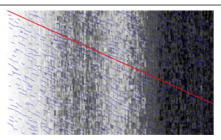
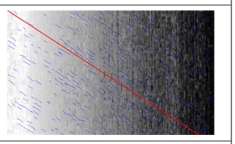
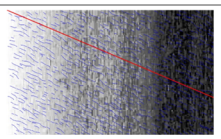
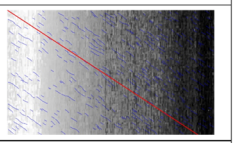
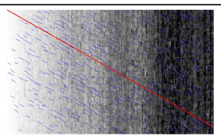
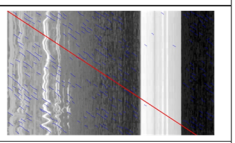
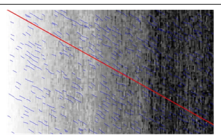
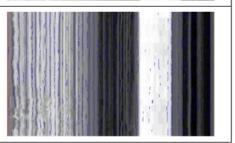


水位ハイドログラフ



STIV 法による水表面流速横断図

STI

ID	流速(m/s)	STIV画像	ID	流速(m/s)	STIV画像
検査線1	0.00		検査線8	0.95	
検査線2	1.07		検査線9	0.94	
検査線3	1.34		検査線10	0.91	
検査線4	1.32		検査線11	0.93	
検査線5	1.42		検査線12	0.92	
検査線6	1.06		検査線13	0.92	
検査線7	1.08		検査線14	0.00	

9.3　風向風速の記録

＜必　須＞

風向風速計のデータの整理は、以下に定められた方法・様式に従って、実施しなければならない。

＜標　準＞

風向風速計の観測機器に関する記録は、別途様式風速 1 の 1 による。観測データに関する記録は、「13. 記録様式集」の様式風速 1 の 2，1 の 3 による。

＜解　説＞

(1)　風向風速計の記録

風向風速計機器に関して、下記のデータを記録・保管する。（様式風速 1 の 1 参照）

この記録は、風向風速計の設置位置、機器を変更する度に行う必要がある。

(2)　風向風速観測時の記録

風向風速計は、様式風速 1 の 2、1 の 3 と併せて、電波流速計及び画像処理型流速測定法の記録様式内でも風の影響補正を行うための記録欄がある。これと併せた整理が必要である。

この記録は、観測地点毎、観測回毎に記録を行う。

10. 観測データの保管

10.1 電波流速計のデータ保管

＜必　須＞

電波流速計による高水流量観測では、基本的に**表 10-1** に示す一連の資料を収集し、保存・保管するものとする。ただし、電波流速計の種類（固定式／可搬式）と流量算出プロセスの違いによって、記録項目は異なる。

オリジナルデータは電子情報等により保存しておくことが望ましい。なお、観測成果の保存にあたっては水文観測業務規程細則　別表 3 流量観測データ（ADCP）に準拠する。

表 10-1　電波流速計による観測で保管すべき資料一覧

No.	項目	資料	ファイル形式	保存・保管	
				固定式	可搬式
1	流速計測位置が分かる平面図	地図情報レベルが 2,500 分の 1 の平面図を原則とする。	dwg、p21	○	○
2	流量算出断面横断図	流量算出をする断面形状 断面形状は洪水前後に計測することを基本とする。	CAD （ dwg 、 p21）、Excel、txt	○	○
3	流量計算書		Excel 等	△	○
4	断面計算書		Excel 等	△	○
5	電波流速計の計測生データ	電波流速計機器から出力される観測データ（日時、流速、俯角、機器状態を含む）	Excel、txt	○	○
6	流量観測野帳	電波流速計計測位置の写真または映像	（写真） Jpg 、jpeg、gif、png、bmp、pdf （映像） mp4 、mts、m2ts、avi	○	○
7	風向風速観測位置が分かる平面図	地図情報レベルが 2,500 分の 1 の平面図を原則とする。	dwg、p21	○	○
8	風向・風速データ	電波流速計の近傍で計測された風向・風速データ	Excel、txt	○	○

○：保存・保管　△：必要に応じて

10.1.1 固定式電波流速計

＜必　須＞

固定式電波流速計による高水流量観測については、表 10-1 の No.1，2，5，6，7，8 の資料を保存・保管するものとする。

＜解　説＞

固定式電波流速計では、基本的に計測流速の記録とともに区分求積法を用いたプログラムによって流量算出・記録が行われる。このため、計測後の流量計算書・断面計算書の作成・保管は必要に応じて行う。

表 10-2　固定式電波流速計の出力観測データ例

DAQSTANDARD	R8.31.01																		
Data Viewer	R8.31.01																		
kanai	Goto	112-16595-****																	
Device Type	DX2000																		
Serial No.	S5L207494																		
File Message																			
Time Correction	None																		
Starting Condition	Manual																		
Dividing Condition	Manual																		
Meas Ch.	16																		
Math Ch.	0																		
Ext Ch.	0																		
Data Count	19596																		
Sampling Interval	600	sec																	
Start Time	2016/6/17	11:40:00	0																
Stop Time	2016/10/31	13:30:00	0																
Trigger Time	2016/10/31	13:30:00	0																
Trigger No.	19595																		
Damage Check	Not Damaged																		
Started by	[Key In]																		
Stopped by	[Key In]																		
Num Of Converted	19596																		
Num Of Converted	16																		
Converted Group																			
Ch.			CH001	CH002	CH003	CH004	CH005	CH006	CH007	CH008	CH009	CH010	CH011	CH012	CH013	CH014	CH015	CH016	
Tag			水位 1	流速 1	水位 2	流速 2	水位 3	流速 3	水位 4	流速 4	水位 5	流速 5	水位 6	流速 6	流量 1	流量 2	風向	風速	
Tag No.																			
Date	Time	sec	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	
2016/6/17	11:40:00	0	0.71	0.4	4.76	0.8	-1.02	2.1	-0.56	0.7	-1.55	0.7	-1.51	0.9	2	0.3	西南西	2.2	
2016/6/17	11:50:00	0	0.7	0.3	3.47	0.8	-1.03	2.1	-0.56	0.5	-1.55	0.5	-1.53	0.9	7	1.1	南西	2.5	
2016/6/17	12:00:00	0	0.69	0.3	3.48	0.3	-1.03	2.1	-0.55	0.2	-1.55	0.6	-1.54	0.9	6	1.8	西南西	2.5	
2016/6/17	12:10:00	0	0.68	0.3	3.45	0.3	-1.05	2.1	-0.56	0.2	-1.56	0.5	-1.56	0.9	1	0.6	南西	2.6	
2016/6/17	12:20:00	0	0.69	0.3	3.47	0.2	-1.04	2.1	-0.55	0.5	-1.57	0.5	-1.56	0.9	6	26.9	南西	3	
2016/6/17	12:30:00	0	0.68	0.4	3.49	0.3	-1.05	2.1	-0.56	0.4	-1.58	0.5	-1.57	0.8	7	0.8	南西	3.3	
2016/6/17	12:40:00	0	0.68	0.3	3.51	0.3	-1.04	2.1	-0.56	0.2	-1.58	0.5	-1.57	0.9	4	1.5	南西	3.3	
2016/6/17	12:50:00	0	0.68	0.4	3.49	0.3	-1.05	2.1	-0.55	0.2	-1.57	0.5	-1.57	0.9	5	34	南西	3.6	
2016/6/17	13:00:00	0	0.68	0.4	3.49	0.4	-1.03	2.1	-0.55	0.2	-1.58	0.5	-1.57	0.8	6	1.1	西南西	2.8	
2016/6/17	13:10:00	0	0.68	0.3	3.44	0.3	-1.05	2.1	-0.56	0.2	-1.6	0.5	-1.61	0.8	7	0.9	南西	3.6	
2016/6/17	13:20:00	0	0.69	0.3	3.52	0.2	-1.04	2.1	-0.55	0.3	-1.62	0.4	-1.62	0.7	5	26.5	南西	3.5	
2016/6/17	13:30:00	0	0.68	0.3	3.51	0.3	-1.04	2.1	-0.56	0.5	-1.63	0.4	-1.63	0.5	3	1	南西	3.5	
2016/6/17	13:40:00	0	0.67	0.3	3.48	0.3	-1.06	2.1	-0.55	0.5	-1.64	0.4	-1.64	0.6	7	1.8	南西	4.1	
2016/6/17	13:50:00	0	0.69	0.4	3.52	0.4	-1.05	2.1	-0.55	0.3	-1.63	0.4	-1.63	0.7	10	43.1	南西	3.6	

10.1.2　可搬式電波流速計

＜必　須＞

可搬式電波流速計による高水流量観測ついては、表 10-1 の No.1～8 の資料を保存・保管するものとする。

表 10-3　可搬式電波流速計の出力観測データ例

時刻	測線	俯角	偏角	流速	ステータス
		°	°	m/s	
2016/8/1 19:08:18	1	40	0	0.85	OK
2016/8/1 19:08:19	1	40	0	0.84	OK
2016/8/1 19:08:20	1	40	0	0.87	OK
2016/8/1 19:08:21	1	40	0	0.89	OK
2016/8/1 19:08:22	1	40	0	0.82	OK
2016/8/1 19:08:23	1	40	0	0.85	OK
2016/8/1 19:08:24	1	40	0	0.87	OK
2016/8/1 19:08:25	1	40	0	0.97	OK
2016/8/1 19:08:26	1	40	0	0.92	OK
2016/8/1 19:08:27	1	40	0	0.88	OK
2016/8/1 19:08:28	1	40	0	0.76	OK
2016/8/1 19:08:29	1	40	0	0.84	OK
2016/8/1 19:08:30	1	40	0	0.81	OK
2016/8/1 19:08:31	1	40	0	0.83	OK
2016/8/1 19:08:32	1	40	0	0.82	OK
2016/8/1 19:08:33	1	40	0	0.93	OK
2016/8/1 19:08:34	1	40	0	0.94	OK
2016/8/1 19:08:35	1	40	0	1.05	OK
2016/8/1 19:08:36	1	40	0	0.95	OK
2016/8/1 19:08:37	1	40	0	0.91	OK
2016/8/1 19:08:38	1	40	0	0.88	OK
2016/8/1 19:08:39	1	40	0	1	OK

10.2　画像処理型流速測定法のデータ保管

＜必　須＞

画像処理型流速測定法による高水流量観測では、表 10-4 に示す一連の資料を収集し、保存・保管するものとする。

オリジナルデータは電子情報等により保存しておくことが望ましい。なお、観測成果の保存にあたっては水文観測業務規程細則　別表 3 流量観測データ（ADCP）に準拠する。

以下、「ビデオカメラ等」とは、高感度カメラ、CCTV カメラ、遠赤外線カメラの全てを示す。

表 10-4　画像処理型流速測定法で保管すべき資料一覧

No.	項目	資料	ファイル形式
1	洪水時のビデオカメラ等で撮影された動画	洪水時のビデオカメラ等の動画	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。座標は世界測地系（横断測量などと同一座標系）とする。	CAD （ dwg 、p21）、Excel、txt
3	ビデオカメラ等のレンズの三次元座標	幾何補正に用いるビデオカメラ等の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ビデオカメラ等のレンズ位置については、使用する解析ソフトにより必要に応じて測量する。座標は世界測地系（横断測量などと同一座標系）とする。	CAD （ dwg 、p21）、Excel、txt
4	標定点とビデオカメラ等の位置をプロットした平面図	地図情報レベルが 2,500 分の 1 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 断面形状は洪水前後に計測することを基本とする。	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ビデオカメラ等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	洪水時のビデオカメラ等の撮影時刻、撮影時間	高水流量観測用にプリセットされた洪水時のビデオカメラ等の動画の撮影時刻、撮影時間	特に指定なし
9	浮子投下時刻	浮子測法結果と STIV 結果を比較する場合に、浮子の横断投下位置毎の投下時刻	特に指定なし
10	流量計算書		Excel 等
11	断面計算書		Excel 等
12	風向・風速データ	ビデオカメラ等の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原則、表 10-4 に示す資料を整理し保管する。

留意点としては、洪水時の水位上昇により標定点が水没し洪水時の映像内に映らない場合があるため、項目 1 と 7 は分けた記録が必要である。洪水時でも全ての標定点が映像内に撮影できていれば、項目 1 と 7 は兼ねても良い。また、CCTV カメラについては、流量観測用画角をプリセットしておくことで、洪水時に標定点を設置していない場合、あるいは映像に映っていない場合でも、別途標定点を設置した映像を取得すれば画像解析が可能である。

表 10-5 に具体的な成果事例を示す。

表 10-5　画像処理型流速測定法で使用する観測成果事例（1/2）

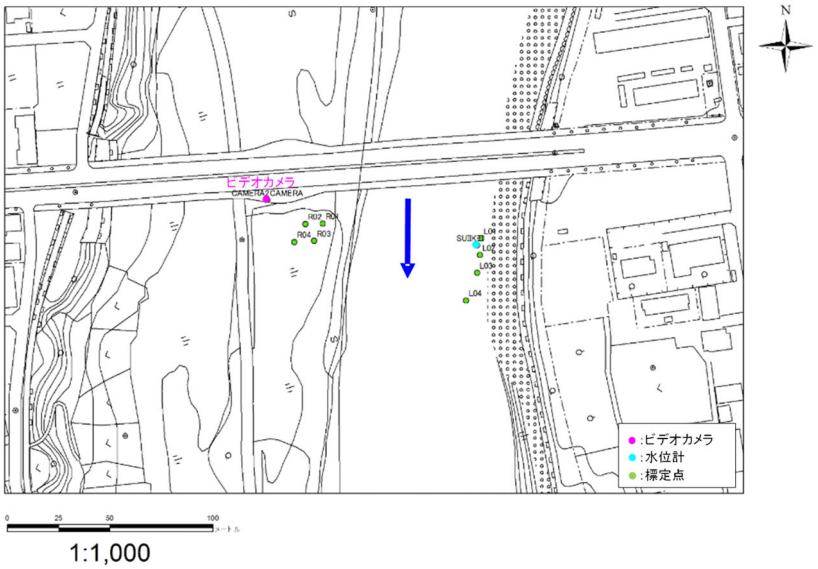
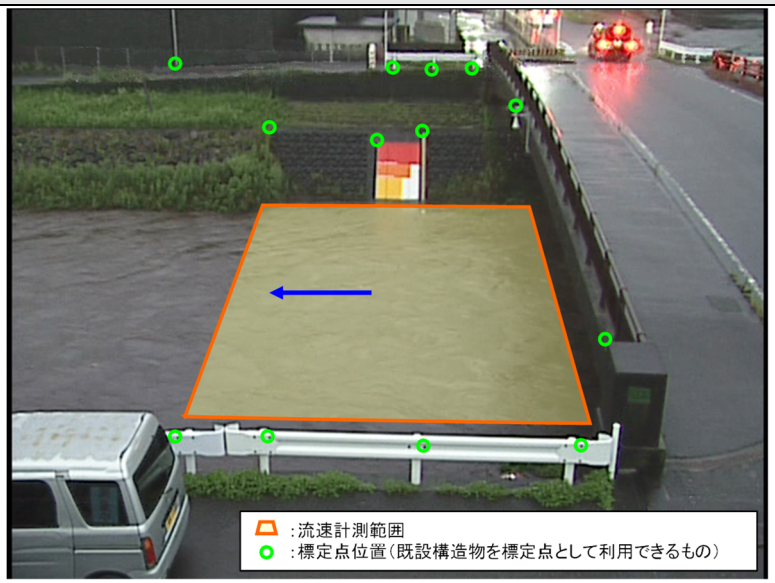
<table>
<tr><th>No.</th><th>項目</th><th>資料成果事例</th></tr>
<tr><td>1</td><td>洪水時のビデオカメラ等で撮影された動画</td><td> </td></tr>
<tr><td>2</td><td>標定点の三次元座標</td><td rowspan="2">
<table>
<tr><th>番号</th><th>位置詳細</th><th>X座標</th><th>Y座標</th><th>Z座標（標高）</th></tr>
<tr><td>①</td><td>護岸のブロックの切れ目の延長上</td><td>49864.336</td><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>
</table>
</td></tr>
<tr><td>3</td><td>ビデオカメラ等のレンズの三次元座標</td></tr>
<tr><td>4</td><td>標定点とビデオカメラ等の位置をプロットした平面図</td><td> 
</td></tr>
</table>

表 10-5　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	 （a）　既設構造物等を活用した事例（〇印が活用した標定点） （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）

観測成果の保存・保管の具体的な保存フォルダ構成を図 10-1 及び表 10-6 示す。

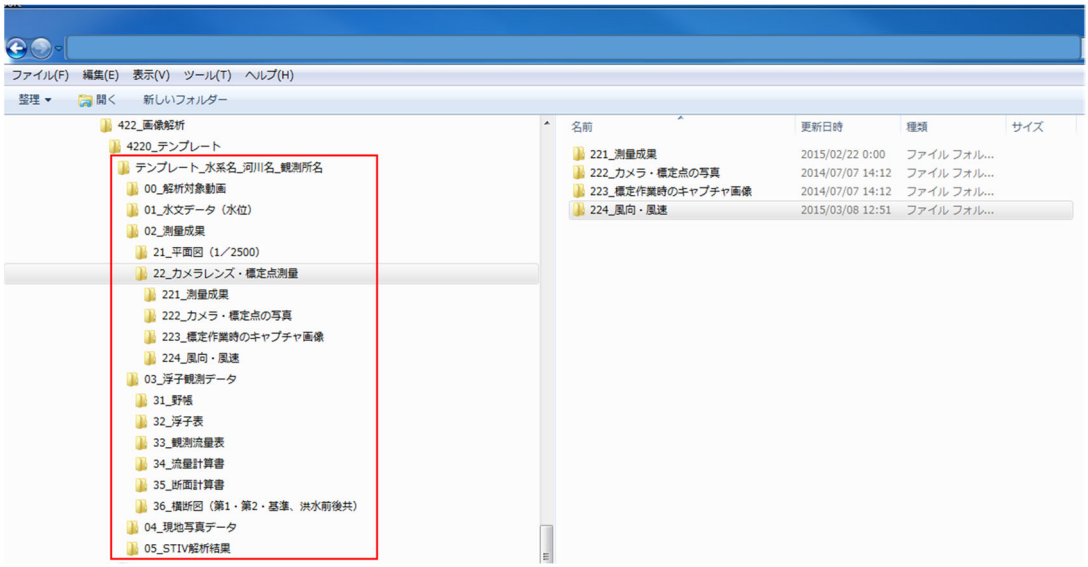


図 10-1　観測成果と解析結果の保存･保管のフォルダ構成事例

表 10-6　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 10-4 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	ビデオカメラ等と標定点の三次元測量結果	2、3
		222_カメラ・標定点の写真	ビデオカメラ等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 解析結果を一式保存	

11. 保守点検

＜必　須＞

高水流量観測に使用する器材は、求められる所定の機能が常に発揮・保持できるように適切に管理・点検をしなければならない。

＜必　須＞

高水流量観測で使用する観測機器に対し、出荷時の検定と出荷後の器材の検定と保守点検をしなければならない。

11.1　出荷時の精度管理

＜必　須＞

出荷時の検定について、流速計は流速計が必要とする精度を確保しているかを確認するための検定（係数試験）またはそれに準じる精度検証を行い、必要な精度の確保が確認できた流速範囲のみにおいて、流速計測に使用しなければならない。検定（係数試験）結果の有効期間は 1 年を超えないものとする。

流速センサが必要とする精度は、河川流量観測の目的を踏まえ、測定対象とする流速範囲において、5%以内を確保しなければならない。

11.1.1　固定式電波流速計

＜必　須＞

固定式電波流速計とそれに付属する観測機材に対し、型式検定を受領した機器の設置にあたり、メーカによる出荷時検査を行い、その検査証を提出するものとする。

なお、固定式電波流速計はドップラー効果を原理とする流速計であることから、電波の送受信性能の確認をもって、精度検証としてもよい。

＜解　説＞

電波流速計の測定原理はマイクロ波のドップラー効果であり、電波送受信器から発射された電波が水面で反射される時に生じる周波数の変化から流速を計測している。

電波流速計の機器特性として、同一の仕様で製作された機器は電波の送受信器から発生する周波数が所定の精度を有しており、マイクロ波のドップラー信号による水表面流速の算出法が所定の精度を有していれば、個々の機器に対する検定は不要と判断され、電波流速計製品の型式の検定書により電波流速計の検定とする。

製品の型式の検定については、水路試験などにより行った検定試験について、国土交通省が設ける委員会などにより評価を受け、性能検定を受けるものとする。

＜参　考＞

将来的には土木研究所や土木研究センターや民間の流速計試験機関での性能証明を行うなどの試案があるが、現時点では検定書を発行できる仕組みがない。しかし、流速計の検定を行う試験機関があるため、当面は試験機関が行った性能証明を用いて検定の代用とする。

出荷時検査は、下記の 5 項目に対し検査を実施する。

表 11-1　固定式電波流速計の出荷時検査項目

検査項目	検査内容
外観・構造検査	キズ、取付け部の確認
寸法検査	仕様を満足しているか
絶縁抵抗試験	絶縁抵抗確認
耐電圧試験	絶縁破壊の確認
動作試験	動作確認、精度確認

動作試験（動作確認、精度確認）として、周波数発生器（音叉等）を電波流速計センサ部の正面に配置し、水面による反射波を想定した周波数を持つ電波を発生させる。その時に、電波流速計が各周波数に対応する流速値を表示していることを確認する。

上述の動作確認は、最低でも 4 パターンの受信電波周波数-出力流速の関係について確認するものとする。例として周波数が 61.71Hz、123.42Hz、863.93Hz、1851.3Hz の電波を発生させて動作確認を行う。それぞれの周波数に対応する流速は、0.50m/s、1.00m/s、7.00m/s、15.00m/s である。これらの値を基準値とした場合、電波流速計が表示する値が基準値の±2%内に収まることを確認する。

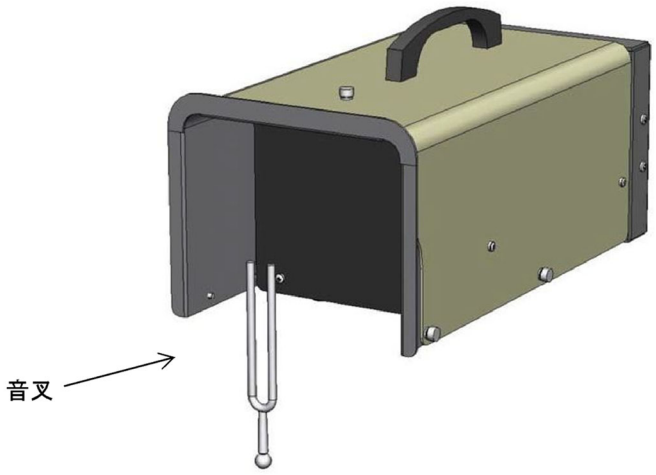


図 11-1　音叉による電波流速計の点検イメージ図

11.1.2　可搬式電波流速計

＜必　須＞

可搬式電波流速計の出荷時の精度管理は、固定式電波流速計と同一の精度管理を実施しなければならない。

11.1.3　高感度カメラ

＜必　須＞

高水流量観測に用いる高感度カメラは、一般的に市販されている高感度カメラを用いて流況映像を撮影し、その映像を用いて画像処理型流速測定法により流速を計測するものとする。

高感度カメラは、以下の条件を満足していれば、出荷時検査は不要とする。

■記録の保存

メーカの機器仕様書

メーカの機器検定書

＜解　説＞

機器性能については、メーカの機器仕様書により「4.2.1　**ビデオカメラ**」の仕様を満足していれば、機器の検定、出荷時検査などは不要である。

11.1.4　CCTV カメラ

＜必　須＞

高水流量観測に用いる CCTV カメラは、通常、国土交通省が定める『CCTV カメラ設備　機器仕様書（案）、国土交通省、令和 3 年 3 月』により設置されている CCTV カメラを想定している。

このため、CCTV カメラ設備の機器の検定、出荷時検査については同仕様書（案）に準拠するものとする。

11.1.5　遠赤外線カメラ

＜必　須＞

高水流量観測に用いる遠赤外線カメラは、市販されている遠赤外線カメラを用いて流況映像を撮影し、その映像を用いて画像処理型流速測定法により流速を計測する。

遠赤外線カメラは、以下の条件を満足していれば、出荷時検査は不要とする。

■記録の保存

メーカの機器仕様書

メーカの機器検定書

＜解　説＞

撮影機器については、流量観測用に特別に製作された機器ではないことから、機器性能については、メーカの機器仕様書により「4.2.3 **遠赤外線カメラ**」の仕様を満足していれば、機器の検定などは不要である。

11.2　出荷後の精度管理

＜必　須＞

出荷後の精度管理について、流速計は、流速計が必要とする精度を確保しているかを確認するための検定（係数試験）またはそれに準じる精度検証を行い、必要な精度の確保が確認できた流速範囲のみにおいて、流速計測に使用しなければならない。検定（係数試験）結果の有効期間は1年を超えないものとする。

流速センサが必要とする精度は、河川流量観測の目的を踏まえ、測定対象とする流速範囲において、5%以内を確保しなければならない。

＜解　説＞

『河川砂防技術基準調査編、国土交通省水管理・国土保全局、第2章　第4節－9～第2章　第4節－10、令和4年6月』の「4.4.4　**流速計の検定**」によれば、「回転式流速計や電磁流速計等の可搬式流速計は、流速計検定所(係数試験所)において検定 （係数試験）を行わなければならない。ADCP や電波流速計等のドップラー効果を原理とする流速計については、超音波や電波の送受信性能の確認をもって、上記の精度検証に代えてもよい」とある。

電波流速計は照射する電波と受信する電波の周波数差により表示される水表面流速値（基準値）が定まっている。そこで特定の周波数を発する音叉を受信部で鳴らし、それを受けて表示される流速値と基準値を比較し、精度検定を行う。

＜標　準＞

出荷後には、高水流量観測で使用する観測機器の劣化や不備による欠測を未然に防ぐため、定期的に保守管理を行わなければならない。保守管理は（a）定期保守点検と（b）臨時保守点検がある。

定期保守点検は、1）洪水観測期間に各月1回程度（1ヶ月点検）と、2）年に1回程度（総合点検）の点検がある。

臨時保守点検は、①台風または豪雨発生後に監督職員が指示する点検、②地震発生後（原則として震度 4 以上）に監督職員が指示した保守点検、③その他、流速計の計測特性に変化が生じたおそれのある場合は、その都度速やかに検定（係数試験）もしくはそれに準じる精度検定を受けることを標準とする。

＜解　説＞

定期保守点検は表 11-2 を例に実施する。総合点検を実施する月は洪水期観測に入る前月に実施する。臨時点検を実施する月についても同様である（表 11-2）。臨時点検は1ヶ月点検に準じて実施する。

表 11-2　定期保守点検の実施イメージ

月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
1ヶ月点検			○	○	○	○	○					
総合点検※		○										
臨時点検※※						(○)						

※洪水期が 6~10 月の場合　　※※豪雨発生後に流速計の計測特性に変化が生じたおそれが発生した場合

11.2.1　固定式電波流速計

＜必　須＞

固定式電波流速計に対し、保守点検を実施しなければならない。行う保守点検は、以下に示すとおりである。

■定期保守点検

1 ヶ月点検

総合点検

■臨時保守点検

①台風または豪雨発生後に監督職員が指示した点検

②地震発生後（原則として震度 4 以上）に監督職員が指示した保守点検

③その他、監督職員が指示した保守点検

＜解　説＞

固定式電波流速計には機械的な可動部はないが、1 ヶ月点検では、電波照射面への飛来物や鳥の糞など付着など外形検査、年 1 回の総合点検では、電波流速計の送受信性能、送受信器の向きやシステムの不具合がないか等の点検等を行うことが必要である。

固定式電波流速計に対し実施する保守点検項目は、表 11-3 に示す通りである。併せて、表 11-4 定期保守点検（1 ヶ月点検、総合点検）項目の具体的な一事例を示す。

表 11-3　固定式電波流速計の保守点検項目一覧

点検項目	点検内容
機器の精度管理	電波受信特性のチェック（音叉による受信特性チェック等）
外形検査	外形に顕著な外傷がないか。
送受信機の向き	機器の設置方向（俯角・方向角）が規定の流向に合っているか。
機器の設置	機器の設置角度が変化していないか、設置金具などに緩みがでて振動を生じることはないか
記録媒体の確認	観測データが記録媒体に正しく記録されているか、記録媒体（HDD）の容量に問題ないか、故障はないか
動作確認	電波流速計の動作チェック（流速値表示の確認）
水位計との時刻合わせ	電波流速計の内蔵時計と水位計の時億は同期しているか

臨時保守点検については、検定済みの可搬式電波流速計を用いて、精度検証等を実施する。臨時保守点検の保守点検項目は定期保守点検（1 ヶ月検定）に準ずる。

表 11-4　固定式電波流速計の保守点検項目事例

保守点検項目	保守点検内容	点検種類	
		1ヶ月	総合
設置確認			
外観	・　各機器の運転状態における目視確認 ・　清掃（原則、総合点検時のみ）	○	○
電波流速計変換器	・　データ表示・時刻・実装状態の確認 ・　擬似入力（原則、総合点検時のみ）	○	○
流量演算処理装置	・　流量・流速・平均流速・水位のデータ表示確認 ・　時刻・実装状態確認 ・　データの収録機能確認	○	○
超音波水位計	水位・温度のデータ表示確認・接続確認、擬似入力（原則、総合点検時のみ）	○	○
稼動状態確認			
商用電源電圧	実装状態・電圧値測定確認	○	○
各機器供給電圧	実装状態・電圧値測定確認		○
電源装置	実装状態・電圧値測定確認、（バッテリー液の補充）	○	○
耐雷トランス	実装状態・避雷器		○
リセット動作	リセット後正常動作するか確認		○
データ点検			
流量演算処理装置のデータ収録部	点検時までのデータの収録状態確認	○	○
データ検証	可搬式電波流速計での比較観測		○
運用状態確認			
電波流速計変換器	機能設定内容確認		○
流量演算処理装置	機能設定内容確認		○

流速センサ部のチェックは、機器付属の音叉を受信部で鳴らし、それを受けて流速値が表示されるかを確認し動作確認を行う。このチェックにおいて異常がない限り、電波流速計による流速計測精度は担保されていると考えてよい。

11.2.2　可搬式電波流速計

＜必　須＞

可搬式電波流速計に対し、保守点検を実施しなければならない。行う保守点検は、以下に示すとおりである。

■定期保守点検

総合点検

洪水前後

■臨時保守点検

流速計の計測特性に変化が生じたおそれのある場合

＜解　説＞

可搬式電波流速計は高水流量観測時に観測員が現場に持参する。このため、観測前に可搬式電波流速計（電子機器部）が正常に作動しているかどうか確認しなければならない。

定期保守点検の点検項目は表 11-5 に示すとおりである。

表 11-5　可搬式電波流速計の定期保守点検の項目一覧

項目	基準値
外形検査	・　外形に顕著な外傷がないか。 ・　特に底面部は三脚などに設置するとき傾斜角度に影響するため、水平であるかを確認
機器の精度管理	電波受信特性のチェック方法による （音叉による受信特性チェック）
内部の傾斜計の精度管理	三脚に機器を設置し、設置角度と機器が表示する角度に差がないか
記録媒体の確認	観測データが記録媒体に正しく記録されているか、記録媒体（SD カード）の容量に問題ないか、故障はないか
電池残量の確認・交換	観測を安定して実施できる程度の電池残量があるか （併せて高水流量観測の実施前にも確認する）

(1)　機器の精度管理（検定）

可搬式電波流速計の水表面流速の計測精度管理は、年に 1 回（総合点検）、システムの不具合がないか等の点検も合わせて行うべきであるため、メーカによる点検を受けることが、原則、必要である。

一方、「11.2　**出荷後の精度管理**」＜解　説＞に記載した通り、『河川砂防技術基準　調査編、国土交通省水管理・国土保全局、第 2 章　第 4 節－9～第 2 章　第 4 節－10、令和 4 年 6 月』の「4.4.4　**流速計の検定**」によれば、「ADCP や電波流速計等のドップラー効果を原理とする流速計については、超音波や電波の送受信性能の確認をもって、上記の精度検証に代えてもよい」とある。

可搬式電波式流速計は、照射する波と受信する波との周波数差に応じた流速値（基準値）が定まっている。そこで次図に示すように機器に付属の特定の周波数の音波を発する音叉を受信部で鳴らし、それを受けて表示される流速値と基準値を比較して、精度検証を行う。

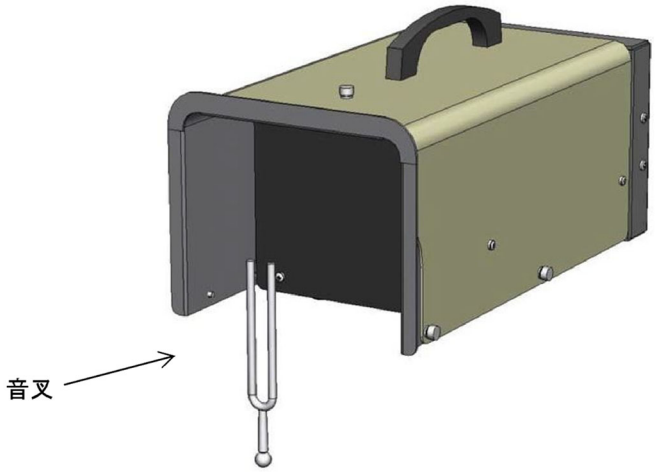


図 11-1　音叉による電波流速計の点検イメージ図（再掲）

(2)　内部の傾斜計の精度管理

電波流速計機器内部の傾斜計は、計測時に適切な俯角で機器を設置する際だけでなく、機器内で反射した電波の周波数変化から流速を算出する際にも機器の傾斜角を用いるため、重要な点検項目である。

チェック方法は以下のとおりである。

① 水平器等を用いて電波流速計を俯角 0°に設置し、機器の画面に表示される角度が 0°であることを確認する。

② 次に、傾斜計等を用いて電波流速計を任意の俯角に設置し、機器の画面に表示される角度が任意の角度と一致していることを確認する。

③ 表示される角度が異なる場合は、機器の取扱説明書に従って傾斜計の修正を行う。

(3)　電池残量の確認

可搬式電波流速計は外部電源を使用せず、電池による動作が可能である。しかし電池の電圧が十分でない場合、流速計測精度に影響する。このため、定期保守点検時及び流量観測実施前に電池残量の点検を行う必要がある。

11.2.3　高感度カメラ

＜必　須＞

高感度カメラの点検については、CCTV カメラ保守点検項目に準じて実施するものとする。
また、洪水期観測前には、高感度カメラが正常に動作しているかについて確認検査を行い、以下の**表 11-6** の項目についてチェックするものとする。

＜解　説＞

高感度カメラの保守点検については、表 11-6 に示すように「電気通信施設点検基準（案）（令和 2 年 11 月）の CCTV カメラ」に従い点検を行うものとする。

表 11-6　高感度カメラ保守点検項目

項目		点検の範囲・内容
1	外観の確認	ポール、据付架台を含む機器全体の塗装、錆、ボルト類のゆるみを確認する。
2	電源電圧等の確認	チェック端子等で各部電圧等を測定し、基準値以内であることを確認する。 基準地以外であれば調整する。
3	カメラ装置の確認 ・カメラケースの確認 ・カメラレンズの確認	装置の正常動作の維持、ガラス面の異物付着の確認及び除去、清掃をする。 カメラレンズについても同様の確認及び清掃を行う。
	・接続部の確認	ケーブル破損、端末処理の不具合、接栓の緩み、ネジの締め付け等を確認する。
	・機器本体の清掃等	機器本体の取付状態の確認及び清掃をする。
4	機側装置の確認 ・避雷器の確認	各端子等に緩みがないことを確認する。
	・接続部の確認	ケーブル破損、端末処理の不具合、接栓の緩み、ネジの締め付け等を確認する。
	・機器本体の清掃等	機器本体の取付状態の確認及び清掃をする。
5	図書類、予備品等の確認	図書類が整理・保管されていることを確認する。 予備品の保管状態・数量等を確認する。

11.2.4　CCTV カメラ

＜必　須＞

CCTV カメラの保守点検は、『電気通信施設点検基準（案）（平成 28 年 11 月）の CCTV カメラ』に準拠して行うものとする。

＜解　説＞

国土交通省設置の CCTV カメラについては、電気通信施設点検基準（案）（平成 28 年 11 月）に従い点検を行うものとする。

表 11-7　CCTV カメラ保守点検項目

項目		点検の範囲・内容
1	外観の確認	ポール、据付架台を含む機器全体の塗装、錆、ボルト類の緩みを確認する。
2	電源電圧等の確認	チェック端子等で各部電圧等を測定し、基準値以内であることを確認する。 基準値以外であれば調整する。
3	カメラ装置の確認 ・カメラケースの確認 ・カメラレンズの確認	ワイパの動作及び消耗程度を確認し、交換時期を確認する。 装置の正常動作の維持、ガラス面の異物付着の確認及び除去、清掃をする。 カメラレンズについても同様の確認及び清掃を行う。
	・旋回装置の確認	上・下・左・右の動作がスムーズにできること及び回転動作時の異常音の有無を確認する。
	・接続部の確認	ケーブル破損、端末処理の不具合、接栓の緩み、ネジの締め付け等を確認する
	・機器本体の清掃等	機器本体の取付状態の確認及び清掃を行う。
4	機側装置の確認 ・避雷器の確認	各端子等に緩みが無いことを確認する。
	・接続部の確認	ケーブル破損、端末処理の不具合、接栓の緩み、ネジの締め付け等を確認する。
	・機器本体の清掃等	機器本体の取付状態の確認及び清掃をする。
5	図書類、予備品等の確認	図書類が整理・保管されていることを確認する。 予備品の保管状態・数量等を確認する（カメラ装置を含む）。

11.2.5　遠赤外線カメラ

＜必　須＞

遠赤外線カメラの点検については、CCTV カメラに準拠して実施するものとする。

また、洪水期観測前には遠赤外線カメラが正常に作動しているかどうかの確認検査は実施されるべきであり、下記**表 11-8** の項目についてチェックを行うものとする。

表 11-8　遠赤外線カメラ保守点検項目

項目		点検の範囲・内容
1	外観の確認	ポール、据付架台を含む機器全体の塗装、錆、ボルト類の緩みを確認する。
2	電源電圧等の確認	チェック端子等で各部電圧等を測定し、基準値以内であることを確認する。 基準値以外であれば調整する。
3	カメラ装置の確認 ・カメラケースの確認 ・カメラレンズの確認	装置の正常動作の維持、ガラス面の異物付着の確認及び除去、清掃をする。 カメラレンズについても同様の確認及び清掃を行う。
	・接続部の確認	ケーブル破損、端末処理の不具合、接栓の緩み、ネジの締め付け等を確認する。
	・機器本体の清掃等	機器本体の取付状態の確認及び清掃を行う。
4	機側装置の確認 ・避雷器の確認	各端子等に緩みが無いことを確認する。
	・接続部の確認	ケーブル破損、端末処理の不具合、接栓の緩み、ネジの締め付け等を確認する。
	・機器本体の清掃等	機器本体の取付状態の確認及び清掃をする。
	・付帯装置の確認	映像記録装置、映像鮮明化装置の機器本体の確認、正常動作の確認及び清掃をする。
5	図書類、予備品等の確認	図書類が整理・保管されていることを確認する。 予備品の保管状態・数量等を確認する（カメラ装置を含む）。

12. 観測環境の維持管理

＜必　須＞

非接触型流速測定法は、観測環境の変化の影響を受けやすいため、観測機器の特性にあった観測環境の維持及び管理を実施する必要がある。高水流量観測は、観測機器が求められる精度を確保できるようまた、所定の機能が常に発揮・保持できるように水文観測業務規程（第 24 条、第 25 条）、に準じて適切な観測環境の維持・管理をしなければならない。

＜解　説＞

水文観測業務規程第８章 観測所の維持及び管理

（観測所の維持及び管理） 第２４条 事務所長は、この規程による観測が適切に行われるよう、観測所、観測器械及び観 測施設の維持及び管理に努めなければならない。 ２ 事務所長は、水位観測所、水位流量観測所及び水質観測所の上下流の一定の区域について 観測が適切に行われるよう、維持及び管理に努めなければならない。（観測所が被災したときの処置） 第２５条 事務所長は、所管する観測所が被災したとき又は観測器械若しくは観測施設の故障 があったときは、速やかに必要な措置を講じるとともに、地方整備局長に報告しなければなら ない。 ２ 地方整備局長は、レーダ雨量観測所が被災したとき又はレーダ雨量観測所の観測器械若しく は観測施設の故障があったときは、速やかに必要な措置を講じなければならない。 ３ 地方整備局長は、第１種の雨量観測所、水位観測所又は水位流量観測所が被災したときは、 事務所長の報告に基づいて、観測所被災報告を作成し、被災後１５日以内に水管理・国土保全 局長に提出しなければならない。

「水文観測業務規定」第 24 条の「観測所の上下流の一定の区域」の「維持及び管理」、同第 25 条の点検の規定、「水文観測データ品質照査要領」第 25 条の「観測環境の改善」に準じて、非接触型の観測機器の特性にあった観測環境の維持及び管理を実施する。

13. 記録様式集

13.1 電波流速計（固定式）

(1)本様式を用いて固定式電波流速計のデータを記録する場合の留意点
本様式は、固定式電波流速計による計測流速を用いて流量算出することを目的とした記録様式です。
別途固定式電波流速計から出力されるデータはその様式のまま保管してください。
固定式電波流速計による計測流速は、機器処理部において異常値処理、風の影響補正がされていることを前提としています。
異常値処理、風の影響補正がされていない場合は、可搬式電波流速計の様式2の4、2の6を参照して、適切な処理を行ってください。

(2)記録時期・更新頻度
様式への記録時期、更新頻度は下表を目安に行ってください。

様式	記録時期	更新頻度
1の1	機器設置時	随時(観測所や機器に変更があった時)
1の2	・機器設置時 ・定期点検後	1ヶ月に1回(定期点検時)
1の3	・機器設置時	随時(洪水時に現地写真を撮影できた時)
1の4	観測実施後	随時、流量算出が必要な時
1の5	観測実施後	随時、流量算出が必要な時

様式　電波1の1

種別	観測所記号

観測局諸元（固定式電波流速計）

（　　）年

水系名		河川名		観測所名		読 み	
橋梁名		橋梁管理者		所属事務所			
設置台数	台	設置方向	（上流）・下流	堤間距離	m		
設置方向角	°	設置俯角	°	設置高	m		

項　　目	観　測　期　間	観測器械の形式
電波流速計	（　）年　月　日から（　）年　月　日	
	（　）年　月　日から（　）年　月　日	
自記水位計（又は自動監視）	（　）年　月　日から（　）年　月　日	
	（　）年　月　日から（　）年　月　日	
テレメータ	（　）年　月　日から（　）年　月　日	
	（　）年　月　日から（　）年　月　日	
電子ロガー	（　）年　月　日から（　）年　月　日	
	（　）年　月　日から（　）年　月　日	
風向風速計	（　）年　月　日から（　）年　月　日	
	（　）年　月　日から（　）年　月　日	

観測所写真

電波流速計の設置位置と設置している橋梁の様子

電波流速計の設置状況

年　　月　　日撮影

様式 電波1の2

種別	観測所記号

観測諸元（固定式電波流速計）

（　　）年

水系名		河川名		観測所名		読み	
機器番号		機器メーカ		機器型番			
機器製造年月日	年　月　日			機器設置年月日	年　月　日		
定期点検年月日	年　月　日			最終点検年月日	年　月　日		
観測時間間隔	1　秒	平均化時間間隔	60　秒	平均化方法	移動平均	風補正係数	

機器No	1	2	3	4	5	6	7	8
横断距離	m	m	m	m	m	m	m	m
俯角	°	°	°	°	°	°	°	°

平面図

電波流速計の設置位置

断面図

年　月　日記入

様式　電波1の3

種別	観測所記号

電波照射地点写真（固定式電波流速計）

（　　）年

水系名		河川名		観測所名		読み	

1	2
3	4
5	6
7	8

年　　月　　日撮影

※可能であれば出水時の電波照射地点写真を載せる

様式 電波1の4

種別	観測所記号

流速計測（固定式電波流速計）

（　　）年

水系名		河川名		観測所名		読み	
観測回数	第　　回				年間番号		
観測月日	月　　日	観測時間	始め	時　分　秒	天　気	風　向	風　力
			終り	時　分　秒			強風
			平均	時　分　秒			
水位(基準)(m)				観測断面水位(m)			

測線番号	計測開始時刻(時分秒)	計測終了時刻(時分秒)	計測地点地盤高(m)	採用/棄却	水表面流速(m/s) ※異常値除去・平均化・風補正後
1	:　:	:　:			
2	:　:	:　:			
3	:　:	:　:			
4	:　:	:　:			
5	:　:	:　:			
6	:　:	:　:			
	:　:	:　:			.
	:　:	:　:			.

測線番号	水表面流速結果	測線番号	水表面流速結果
1		2	
3		4	
5		6	

様式 電波1の5

種別	観測所記号

流量計算書（固定式電波流速計）

（　　）年

水系名		河川名		観測所名		読み	
観測回数	第　2　回			年間番号	5		

観測月日	月　日	観測時間	始め	時　分　秒	天　気	風　向	風　力
			終り	時　分　秒			
			平均	時　分　秒			

水位(基準)(m)	使用断面	平均流速(m/sec)	全流量(m^3/s)	横断図名称	水位	観測断面水位(m)
	洪水前／(後)				始め	.
流速測線数(本)	平均水面巾　(m)	全断面積(m^2)	測量年月日		終り	.
			年　月　日		平均	

測線番号	計測開始時刻(時分秒)	計測終了時刻(時分秒)	水表面流速(m/s)	更正係数	更正流速(m/sec)	区分断面積(高水前後)	区分流量(m^3/sec)
1	:　:	:　:	.		.	.	.
2	:　:	:　:	.		.	.	.
3	:　:	:　:	.		.	.	.
4	:　:	:　:	.		.	.	.
5	:　:	:　:	.		.	.	.
6	:　:	:　:	.		.	.	.
	:　:	:　:	.		.	.	.
	:　:	:　:	.		.	.	.
						計	0.00

更正流速横断分布

13.2 電波流速計（可搬式）

(1)本様式を用いて可搬式電波流速計のデータを記録する場合の留意点
本様式は、可搬式電波流速計による計測流速を用いて流量算出することを目的とした記録様式です。

(2)記録時期・更新頻度
様式への記録時期、更新頻度は下表を目安に行ってください。

様式	記録時期	更新頻度
2の1	観測位置選定後随時	随時(観測所や機器に変更があった時)
2の2	定期点検後	1ヶ月に1回(定期点検時)
2の3	観測時	観測回ごと
2の4	観測実施後	観測回ごと
2の5	観測時	観測回ごとが望ましいが、少なくとも1洪水に1記録
2の6	観測実施後	測線ごと、観測回ごと
2の7	観測実施後	観測回ごと

様式　電波2の1

種別	観測所記号

観測局諸元（可搬式電波流速計）

（　　）年

水系名		河川名		観測所名		読 み	
橋梁名		橋梁管理者		所属事務所			
測線数	本	設置方向	上流・下流	堤間距離	m		
流下方向角	°	設置高	m	計測断面までの縦断距離	m		

項　　目	観　測　期　間	観測器械の形式
電波流速計	（　　）年　月　日から（　　）年　月　日	
	（　　）年　月　日から（　　）年　月　日	
風向風速計	（　　）年　月　日から（　　）年　月　日	
	（　　）年　月　日から（　　）年　月　日	
	（　　）年　月　日から（　　）年　月　日	
	（　　）年　月　日から（　　）年　月　日	
	（　　）年　月　日から（　　）年　月　日	
	（　　）年　月　日から（　　）年　月　日	

観測所写真

年　　月　　日撮影

様式　電波2の2(1)

種別	観測所記号

観測諸元（可搬式電波 そのⅠ）

（　　）年

水系名		河川名		観測所名		読み	
機器番号		機器メーカー		機器型番			
機器製造年月日	年　月　日			機器設置年月日	平成 年　月　日		
検定年月日	平成 年　月　日			最終点検年月日	平成 年　月　日		
観測時間間隔		平均化時間間隔		風補正係数			

測線No	1	2	3	4	5	6	7
横断距離	m	m	m	m	m	m	m
測線No	8	9	10	11	12	13	14
横断距離	m	m	m	m	m	m	m
測線No	15	16	17	18	19	20	
横断距離	m	m	m	m	m	m	

正面

側面

年　月　日撮影

様式　電波2の2(2)

種別	観測所記号

観測諸元（可搬式電波 そのⅡ）

（　　）年

水系名	大分川	河川名		観測所名		読み	

平面図

断面図

年　　月　　日記入

様式　電波2の3

観測野帳(可搬式電波流速計)

種別	
観測所記号	

水系名	
河川名	
観測所名	
よみ	

観測回数	
年間番号	
観測月日	

測線	観測開始時刻	観測終了時刻
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

測線1

時刻	測線	俯角 °	偏角 °	流速 m/s	ステータス

測線2

時刻	測線	俯角 °	偏角 °	流速 m/s	ステータス

測線3

時刻	測線	俯角 °	偏角 °	流速 m/s	ステータス

測線4

時刻	測線	俯角 °	偏角 °	流速 m/s	ステータス

様式 電波2の4(1)

種別	観測所記号

流速計測（可搬式電波流速計）

（　　）年

水系名		河川名		観測所名		読み	
観測回数	第　　回				年間番号	―	
観測月日	月　　日	観測時間	始め	時　分　秒	天　気	風　向	風　力
			終り	時　分　秒			
			平均	時　分　秒			
水位(基準)(m)				観測断面水位(m)			

測線番号	計測開始時刻(時分秒)	計測終了時刻(時分秒)	流速計測値(m/s)※異常値除去前★	標準偏差	俯角(°)	バッテリー状態(%)	
						正常	異常
	:　:	:　:	.	.			
	:　:	:　:	.	.			
	:　:	:　:	.	.			
	:　:	:　:	.	.			
	:　:	:　:	.	.			
	:　:	:　:	.	.			
	:　:	:　:	.	.			
	:　:	:　:	.	.			
	:　:	:　:	.	.			
	:　:	:　:	.	.			
	:　:	:　:	.	.			
	:　:	:　:	.	.			
	:　:	:　:	.	.			
	:　:	:　:	.	.			
	:　:	:　:	.	.			
	:　:	:　:	.	.			
	:　:	:　:	.	.			
	:　:	:　:	.	.			
	:　:	:　:	.	.			
	:　:	:　:	.	.			

様式 電波2の4(2)

種別	観測所記号

流速計測（可搬式電波流速計）

(　　)年

水系名		河川名		観測所名		読み	
観測回数	第　　回	年間番号	－	観測月日	月　　日	観測時間	時　　分

測線番号		測線番号	
1		11	
2		12	
3		13	
4		14	
5		15	
6		16	
7		17	
8		18	
9		19	
10		20	

様式　電波2の5

種別	観測所記号

電波照射地点写真（可搬式電波流速計）

（　　）年

水系名		河川名		観測所名		読み	
観測回数	第　　回	年間番号		観測月日	月　　日	観測時間	時　　分

1	2
3	4

様式　電波2の6

種別	観測所記号

流速計算書（可搬式電波流速計）

(　　　　)年

水系名		河川名		観測所名		読み	
観測回数	第　　　　回			年間番号	－		
観測月日	月　　　日	観測時間	始め	時　分　秒	観測断面水位(m)		
			終り	時　分　秒			
			平均	時　分　秒			

測線番号	流下方向角(°　)③	流下方向風速(1分平均)(m/s)　④	風補正係数α	平均流速(異常値処理前)(m/s)★	標準偏差
1				.	.

時刻(時分秒)	流速計測値(m/s)	流速(m/s)※異常値処理後⑤	流速(m/s)※風補正後⑤-④×α	時刻(時分秒)	流速計測値(m/s)	流速(m/s)※異常値処理後⑤	流速(m/s)※風補正後⑤-④×α
	0.00	#VALUE!	#VALUE!		0.00	#VALUE!	#VALUE!
	0.00	#VALUE!	#VALUE!		0.00	#VALUE!	#VALUE!
	0.00	#VALUE!	#VALUE!		0.00	#VALUE!	#VALUE!
	0.00	#VALUE!	#VALUE!		0.00	#VALUE!	#VALUE!
	0.00	#VALUE!	#VALUE!		0.00	#VALUE!	#VALUE!
	0.00	#VALUE!	#VALUE!		0.00	#VALUE!	#VALUE!
	0.00	#VALUE!	#VALUE!		0.00	#VALUE!	#VALUE!
	0.00	#VALUE!	#VALUE!		0.00	#VALUE!	#VALUE!
	0.00	#VALUE!	#VALUE!		0.00	#VALUE!	#VALUE!
	0.00	#VALUE!	#VALUE!		0.00	#VALUE!	#VALUE!
	0.00	#VALUE!	#VALUE!		0.00	#VALUE!	#VALUE!
	0.00	#VALUE!	#VALUE!		0.00	#VALUE!	#VALUE!
	0.00	#VALUE!	#VALUE!		0.00	#VALUE!	#VALUE!
	0.00	#VALUE!	#VALUE!		0.00	#VALUE!	#VALUE!
	0.00	#VALUE!	#VALUE!		0.00	#VALUE!	#VALUE!
	0.00	#VALUE!	#VALUE!		0.00	#VALUE!	#VALUE!
	0.00	#VALUE!	#VALUE!		0.00	#VALUE!	#VALUE!
	0.00	#VALUE!	#VALUE!		0.00	#VALUE!	#VALUE!
	0.00	#VALUE!	#VALUE!		0.00	#VALUE!	#VALUE!
	0.00	#VALUE!	#VALUE!		0.00	#VALUE!	#VALUE!
	0.00	#VALUE!	#VALUE!		0.00	#VALUE!	#VALUE!
	0.00	#VALUE!	#VALUE!		0.00	#VALUE!	#VALUE!
	0.00	#VALUE!	#VALUE!		0.00	#VALUE!	#VALUE!
	0.00	#VALUE!	#VALUE!		0.00	#VALUE!	#VALUE!
	0.00	#VALUE!	#VALUE!		0.00	#VALUE!	#VALUE!
	0.00	#VALUE!	#VALUE!		0.00	#VALUE!	#VALUE!
	0.00	#VALUE!	#VALUE!		0.00	#VALUE!	#VALUE!
	0.00	#VALUE!	#VALUE!		0.00	#VALUE!	#VALUE!
	0.00	#VALUE!	#VALUE!		0.00	#VALUE!	#VALUE!
	0.00	#VALUE!	#VALUE!		0.00	#VALUE!	#VALUE!
						1分間平均	#VALUE!

様式 電波2の7

種別	観測所記号

流量計算書（可搬式電波流速計）

（　　）年

水系名		河川名		観測所名		読み	
観測回数	第　2　回			年間番号	―		

観測月日	月　日	観測時間	始め	時　分　秒	天　気	風　向	風　力
			終り	時　分　秒			
			平均	時　分　秒			

水位(基準)(m)	使用断面	平均流速(m/sec)	全流量(m^3/s)	横断図名称	水位	観測断面水位(m)
	洪水(前)／後	#DIV/0!	0.00		始め	.
流速測線数(本)	平均水面巾　(m)	全断面積(m^2)	測量年月日		終り	.
			年　月　日		平均	

測線番号	計測開始時刻(時分秒)	計測終了時刻(時分秒)	流速(m/s)※風速補正後	更正係数	更正流速(m/sec)	区分断面積(高水前後)	区分流量(m^3/sec)
1	:　:	:　:	.		.	.	.
2	:　:	:　:	.		.	.	.
3	:　:	:　:	.		.	.	.
4	:　:	:　:	.		.	.	.
	:　:	:　:	.		.	.	.
	:　:	:　:	.		.	.	.
	:　:	:　:	.		.	.	.
	:　:	:　:	.		.	.	.
	:　:	:　:	.		.	.	.
	:　:	:　:	.		.	.	.
流速横断分布						計	0.00

13.3 画像処理型流速測定法（STIV）

(1)本様式を用いてSTIV法による画像処理型流速測定法のデータを記録する場合の留意点
本様式は、STIV法による計測流速を用いて流量算出することを目的とした記録様式です。

(2)記録時期・更新頻度
様式への記録時期、更新頻度は下表を目安に行ってください。

様式	記録時期	更新頻度
1の1	観測位置選定後随時	随時(観測所や機器に変更があった時)
1の2	標定点設置時	標定点設置・測量実施する毎に
1の3	観測時	観測回ごと(1洪水でカメラを移動しなかった場合、1洪水毎でも可)
1の4	観測実施後	画角毎(カメラを移動しない期間で1記録で可)
1の5	観測実施後	画角毎(カメラを移動しない期間で1記録で可)
1の6	観測実施後	観測回ごと
1の7	観測実施後	観測回ごと

様式　画像1の1

種別	観測所記号

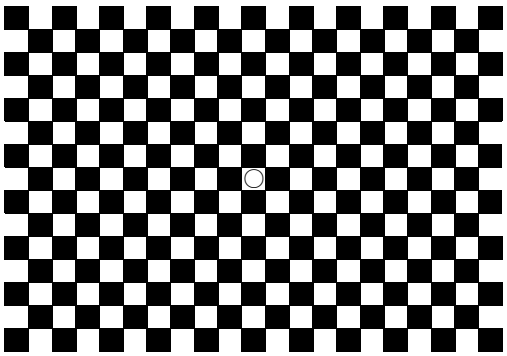
撮影機器と観測所諸元の記録（STIV法）

（　　）年

水系名		河川名		観測所名		読み	
観測機器	種類	高感度カメラ　遠赤外線カメラ　その他　（○をつける）					
	機器番号		機器メーカ		型番		
	フレームレート		撮像画素数		記録画素数	レンズ焦点距離	
	機器製造年月日	月　年　日			月　年　日		
録画機	設置場所		機器メーカ		型番		
	保存期間		保存形式		保存フレームレート		
遠赤外線カメラの映像鮮明化装置	メーカー		型番				
カメラ設置位置			固定設定型　可搬型				
カメラ設置方向（流向に対する方向）	直交　平行　斜め		撮影対象範囲（m）（最も遠い地点までの距離）		m		

カメラ位置平面図

レンズの歪み状況



※上記の格子を画面一杯に撮影した画像を貼り付けてください。

年　月　日撮影

様式　画像1の1(CCTV)

種別	観測所記号

撮影機器と観測所諸元の記録（STIV法）

(　　)年

水系名		河川名		観測所名		読み			
CCTV	機器番号		機器メーカ			型番			
	カメラ種別		フレームレート		カメラ画素数		レンズ焦点距離		
	カメラ名称		プリセット番号			設置目的			
	機器製造年月日	月　年　日	最終点検年月日			月　年　日			
録画機	設置場所		機器メーカ			型番			
	保存期間		保存形式			保存フレームレート			
カメラ画角方向（流向に対する方向）		(直交) 平行　斜め		撮影対象範囲（m）（最も遠い地点までの距離）		m			

カメラ位置平面図

プリセット画像

年　月　日撮影

様式　画像1の2

種別	観測所記号

標定点の座標（STIV法）

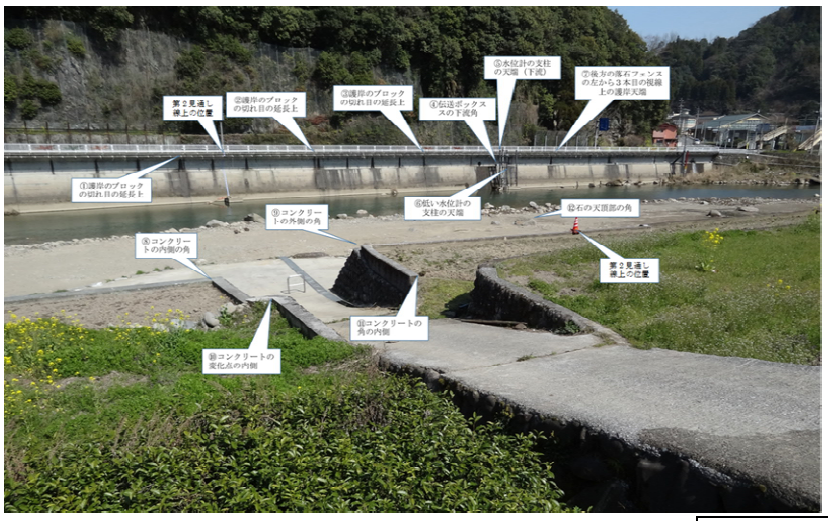
（　　）年

水系名		河川名		観測所名		読み	
観測機器の種類	高感度カメラ	CCTVカメラ	遠赤外線カメラ	その他	（○をつける）		

カメラ及び標定点位置	座標			水位標水位換算
	X座標	Y座標	Z座標（標高）	
カメラレンズ位置				
標定点1				
標定点2				
標定点3				
標定点4				
標定点5				
標定点6				
標定点7				
標定点8				
標定点9				
標定点10				
標定点11				
標定点12				
標定点13				
標定点14				

標定点設置年月日	年　月　日	測量年月日	年　月　日	零点高（T.P.m）	

標定点設置状況



年　月　日撮影

様式　画像1の3

種別	観測所記号

撮影画像の記録（STIV法）

（　　）年

水系名		河川名		観測所名		読み	
観測機器の種類	高感度カメラ	CCTVカメラ	遠赤外線カメラ	その他	（○をつける）		
観測回数	第　5　回			年間番号			
観測月日	月　日	観測時間	始め	時　分　秒	天　気	風　向	風　力
			終り	時　分　秒			
			平均	時　分　秒			
特記すべき撮影環境	夜間（照明なし）	夜間（照明あり）	強雨（20mm/h以上）	霧	その他（　）		
水位（基準）（m）		観測断面水位（m）		記録フォーマット		フレームレート	fsp

観測状況写真

観測画像

様式　画像1の4(1)

種別	観測所記号

幾何補正の記録（STIV法　そのⅠ）

(　　)年

水系名		河川名		観測所名		読み	
観測機器の種類	(高感度カメラ)	CCTVカメラ	遠赤外線カメラ	その他	(○をつける)		
観測回数	第　5　回	年間番号		観測月日	月　日	観測時間	時　分
幾何補正ソフト			設置・測量した標定点数		点		
幾何補正に用いた標定点	左岸	点	右岸	点	その他	点	
	名称						
流下方向距離算定標定点			水位(基準)　(m)	.			
横断方向距離算定標定点			観測断面水位 (m) ※幾何補正に使用				

標定点名	現地測量座標		幾何補正後変換座標	
	X座標	Y座標	X座標	Y座標
標定点1				
標定点2				
標定点3				
標定点4				
標定点5				
標定点6				
標定点7				
標定点8				
標定点9				
標定点10				
標定点11				
標定点12				
標定点13				
標定点14				

評価指標	物理座標	CRT座標	誤差(%)
流下方向距離(m)			
横断方向距離(m)			
多角形閉合面積(㎡)			

※可搬式の場合:観測回で共通の様式としても可　※固定式の場合:年間で共通の様式としても可

様式　画像1の4(2)

種別	観測所記号

幾何補正の記録（STIV法　そのⅡ）

(　　)年

水系名		河川名		観測所名		読み	
観測回数	第　　回	年間番号		観測月日	月　　日	観測時間	時　　分

平面図

撮影画像内標定点位置

※可搬式の場合:観測回で共通の様式としても可　※固定式の場合:年間で共通の様式としても可

様式　画像1の5

種別	観測所記号

検査線の記録（STIV法）

（　　）年

水系名		河川名		観測所名		読み	
観測回数	第　　回	年間番号		観測月日	月　　日	観測時間	時　　分

検査線番号	横断距離(m)	検査線座標(始点)		検査線座標(終点)		検査線長さ
		X座標	Y座標	X座標	Y座標	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						

検査線設定状況

※可搬式の場合：観測回で共通の様式としても可　※固定式の場合：年間で共通の様式としても可

様式 画像1の6

種別	観測所記号

解析結果の記録（STIV法）

（　　）年

水系名		河川名		観測所名		読み	
観測機器の種類	高感度カメラ	(CCTVカメラ)	遠赤外線カメラ	その他	（○をつける）		
観測回数	第　　回	年間番号		観測月日	月　　日	観測時間	時　　分

解析時動画像

検査線番号	流速値	STIの品質	検査線番号	流速値	STIの品質
検査線1			検査線11		
検査線2			検査線12		
検査線3			検査線13		
検査線4			検査線14		
検査線5			検査線15		
検査線6			検査線16		
検査線7			検査線17		
検査線8			検査線18		
検査線9			検査線19		
検査線10			検査線20		

STI画像							
	検査線1	検査線2	検査線3	検査線4	検査線5	検査線6	検査線7
	検査線8	検査線9	検査線10	検査線11	検査線12	検査線13	検査線14
	検査線15	検査線16	検査線17	検査線18	検査線19	検査線20	

様式　画像1の7

種別	観測所記号

流量計算書（STIV法）

（　　）年

水系名		河川名		観測所名		読み	
種類	高感度カメラ　(CCTV)　遠赤外線　その他			観測回数	第　　回	年間番号	

観測月日	月　　日	観測時間	始め	時　分　秒	天　気	風　向	風　力
			終り	時　分　秒			
			平均	時　分　秒			

水位(基準)(m)	使用断面	平均流速(m/sec)	横断図名称	水位	観測断面水位(m)
	(洪水前)／後	#REF!			

全流量(m^3/sec)	流速測線数(本)	平均水面巾(m)	全断面積(m^2)	測量年月日	終り	
#REF!			#REF!	月　　日	平均	

平均風速(m/s)①	平均風向(°)②	流下方向角(°)③	流下方向風速(m/s)④＝①cos(②-③)	風補正係数α
			0.00	

測線番号	流速計測値(m/s)⑤	流速(m/s)※風補正後 ⑤-④×α	更正係数	更正流速　(m/sec)	区分断面積(高水前後)	区分流量　(m^3/sec)
1		0.00		0.00		0.00
2		0.00		0.00		0.00
3		0.00		0.00		0.00
4		0.00		0.00		0.00
5		0.00		0.00		0.00
6		0.00		0.00		0.00
7		0.00		0.00		0.00
8		0.00		0.00		0.00
9		0.00		0.00		0.00
10		0.00		0.00		0.00
					計	.

流速横断分布

13.4 風向風速計

(1)本様式による記録の目的

非接触型流速計測法による流速観測と同時に実施した風向風速観測データを記録するための様式である。

本様式での整理結果をもって、非接触型流速計測手法による計測流速の風の影響補正を行う。

(2)記録時期・更新頻度

様式への記録時期、更新頻度は下表を目安に行ってください。

様式	記録時期	更新頻度
1の1	・機器設置または購入時	1ヶ月に1回(定期点検時)
1の2	観測後	洪水毎
1の3	観測後	・電波流速計と同時計測の場合 電波流速計の測線毎の観測時間に合わせて、測線毎に作成 ・画像処理型流速測定法(STIV)と同時計測の場合

様式　風速1の1

種別	観測所記号

風向風速計の記録

（　　）年

水系名		河川名		観測所名		読み	
機器番号		機器メーカ		機器型番			
機器製造年月日	年　月　日	機器設置年月日	年　月　日	計測項目	一方向風速 風向・風速		
検定年月日	年　月　日	最終点検年月日	年　月　日				

外形（正面）	外形（側面）

周辺の様子

風向風速計設置箇所の周辺の障害物の有無等を写真で記録

年　月　日撮影

観測野帳(風向風速計)

種別	
観測所記号	

水系名	
河川名	
観測所名	
よみ	

観測月日	

天候	
計測間隔	
設置位置	
流下方向角	
水位	
設置高	

回	観測開始時刻	観測終了時刻

第1回

時刻	瞬間風速 m/s	瞬間風向 方角または °	流下方向風速 m/s	1分移動平均 m/s	

第2回

時刻	瞬間風速 m/s	瞬間風向 方角または	流下方向風速 m/s	1分間平均 m/s	

第3回

時刻	瞬間風速 m/s	瞬間風向 方角または °	流下方向風速 m/s	1分間平均 m/s	

様式　風速1の3(1)

種別	観測所記号

観測の記録(風向風速計)

(　　　　)年

水系名		河川名		観測所名		読み	
観測月日	月　　　日	観測時間	始め	時　分　秒	天　気	風　向	風　力
			終り	時　分　秒			
			平均	時　分　秒			
計測項目		一方向風速	風向・風速	計測間隔・平均化時間		1秒間隔・1分平均	
設置高(m) ※水面からの高さまたは標高			横断位置 ※または横断距離		流下方向角(°)③		

時刻 (時分秒)	風速(m/s) ①	風向 (方位)	風向(°) ②	流下方向風速 ④ =①cos((②-③)*π/180)
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
1900/01/00 00:00:00	0.00	0		0.0000
			1分間平均	0.0000

様式　風速1の3(2)

種別	観測所記号

観測の記録(風向風速計)

(　　)年

観測状況写真

年　月　日撮影