

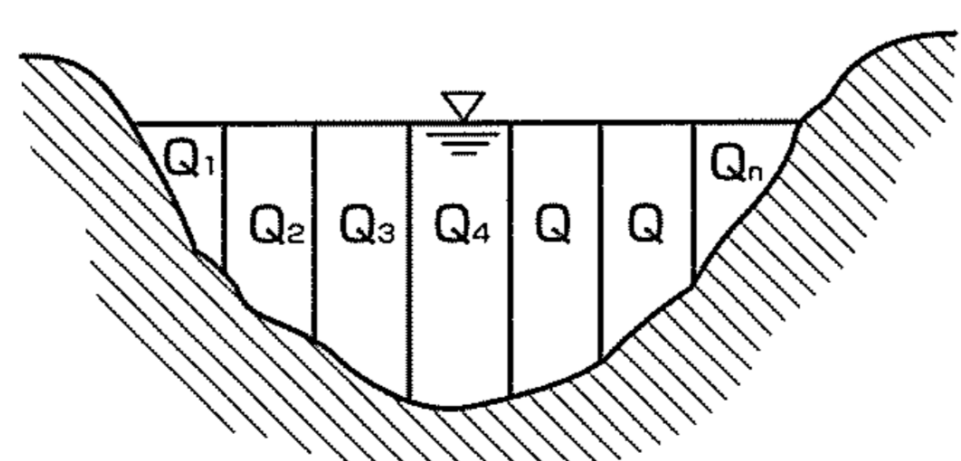
1. 取り組みの目的：従来の浮子観測の問題に対応できる新たな観測手法の確立

①従来の流量観測方法（浮子観測）とは

河川の流量は河川計画の立案や洪水予報等の河川管理の基本をなす重要な量である。その従来の観測手法（浮子測法）を以下に記す。

浮子観測法では断面をいくつかに分け、分けた断面ごとに浮子を投下し断面それぞれの表面流速を計測する。計測した表面流速に更正係数をかけ断面ごとの平均流速を求める。求めた平均流速とそれぞれの断面積を乗じた和が流量となる。

$$Q = V_1 A_1 + V_2 A_2 + \dots + V_n A_n$$



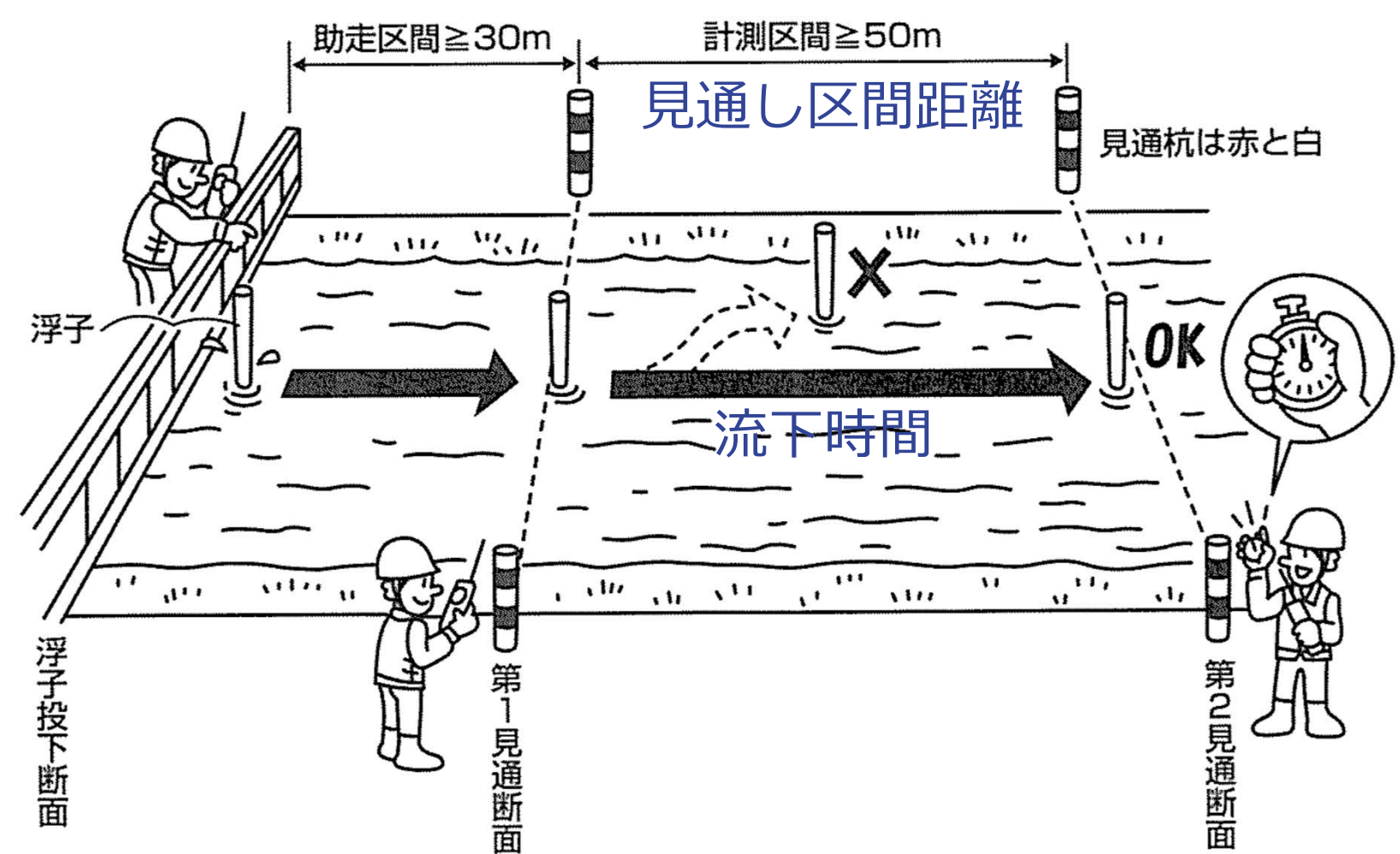
<流量計算方法>

表面流速＝見通し区間距離/流下時間

断面平均流速＝表面流速×更正係数*

流量＝（各断面積×各断面の平均流速）の和

*浮子ごとに設定される係数



複数人の観測員が必要など次の②で示す課題があります。

②従来（浮子）観測における課題

近年の洪水の大規模化・局地的豪雨の多発、観測技術者の減少などに伴い以下の課題が顕在化している。

- ◆観測箇所の流下能力不足、観測箇所の交通支障等に対する、**観測者の安全性確保**
- ◆急激な水位上昇や夜間時の**体制構築困難に起因する欠測**
- ◆時間拘束・空振り、夜間対応等の観測者負担、熟練観測者の減少による**観測体制の維持困難**
- ◆樹木や橋脚による流況の乱れ、河床変動影響等に対する**観測精度の向上の必要性**

《観測困難想定事象(例)》

- ✓橋梁冠水等、浮子投下地点へアクセス困難
- ✓夜間、荒天時、流況の乱れ（渦等）に伴う、浮子追跡困難
- ✓急激な水位上昇等、観測体制構築が困難



《流量算定時の精度低下要因推定(例)》

- ✓湾曲、砂州形成、橋脚、樹木による横断的流速分布が複雑な箇所
- ✓背水影響区間等、水位と流量の関係に相関性のない箇所
- ✓出水規模による流向変化や浮子の直進性が低い箇所（流速の代表性）



浮子の流下軌跡

浮子がまっすぐ流れず蛇行しているため、あらかじめ設定した断面の平均的な流速を捉えられていない。

③流量観測高度化の目標

上記課題を受け流量観測の高度化は「①確実かつ安全な観測の実施」、「②各観測所が有する課題への対応」を目的に実施する。

①安全かつ確実な観測の実施

- 超過洪水時の安全性確保、浮子投下時の交通支障からの安全性の確保、観測困難時の欠測の回避

②その他、各観測所が有する課題への対応

- 上下流の観測流量逆転などの観測不整合の解消

2. 方法

2. 1 流量観測高度化方法について

安全かつ確実な観測の実施のための高度化手法として、無人観測が可能な電波流速計・画像解析による手法、および、他の観測手法より比較的精度が高いとされるADCPによる観測手法を以下に紹介する。

①電波流速計による観測方法

電波流速計による観測は、河川水面に向けて照射した電波のドップラー効果を利用し非接触で表面流速を観測し、更正係数および断面をかけ流量を算出するものである。

具体的には、橋桁等に設置したセンサーから水面に対してマイクロ波をある俯角を持って発射し、その反射波の周波数変化から表面流速を測定するものである。

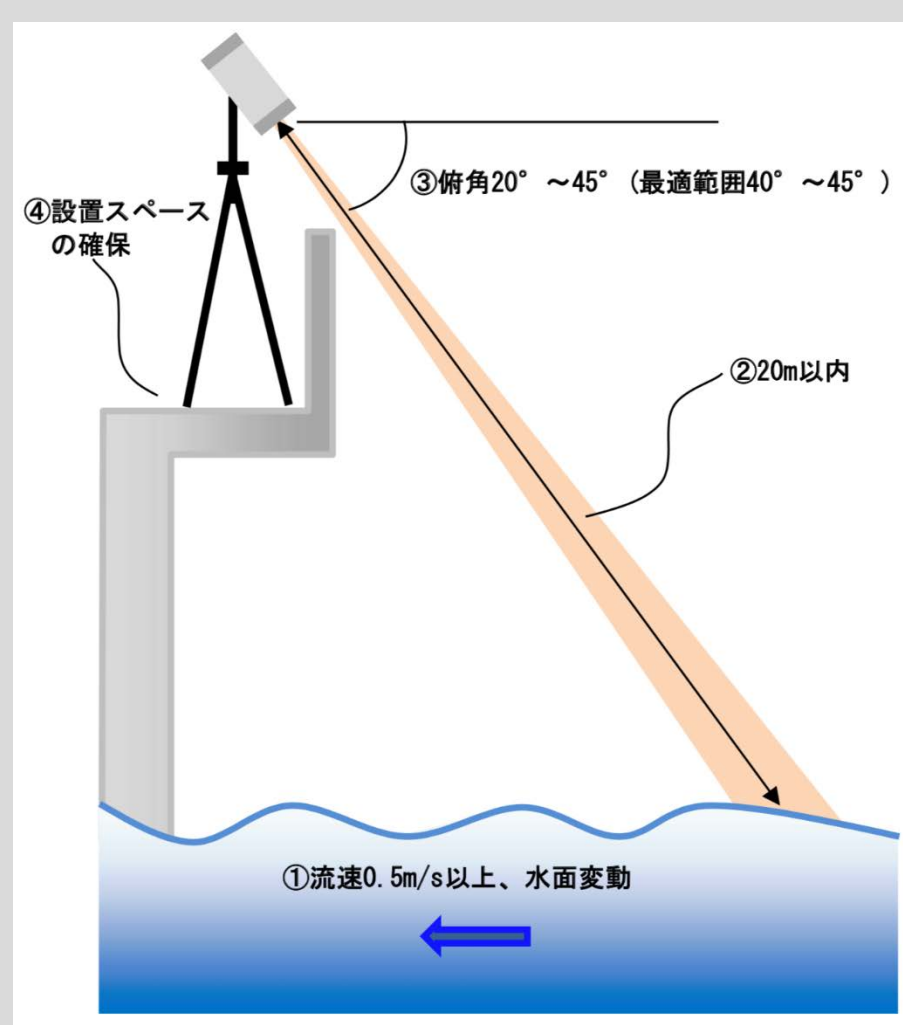
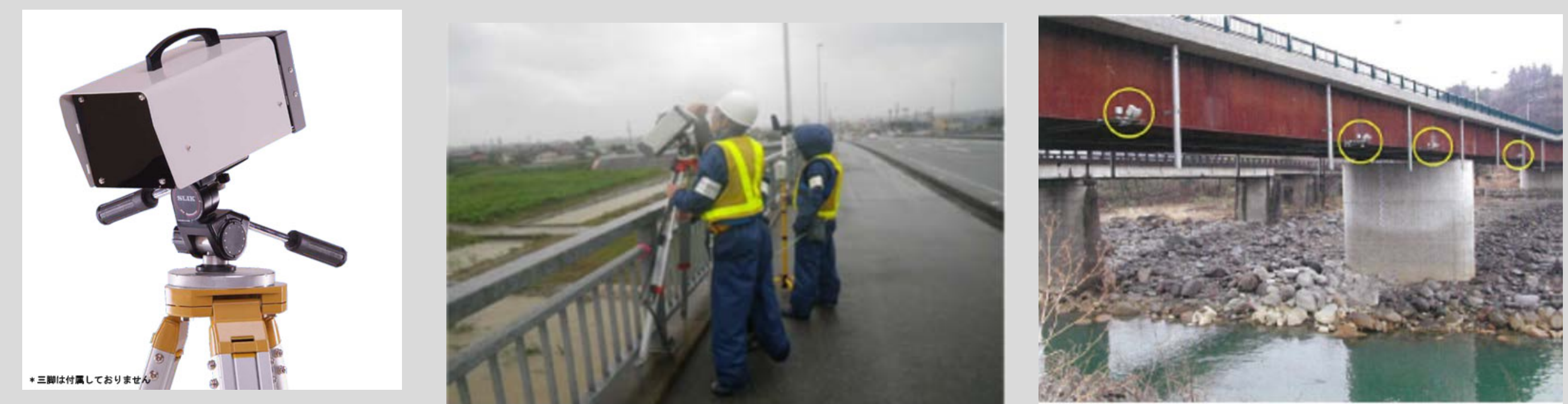


図 3-2 電波流速計の適正な観測イメージ

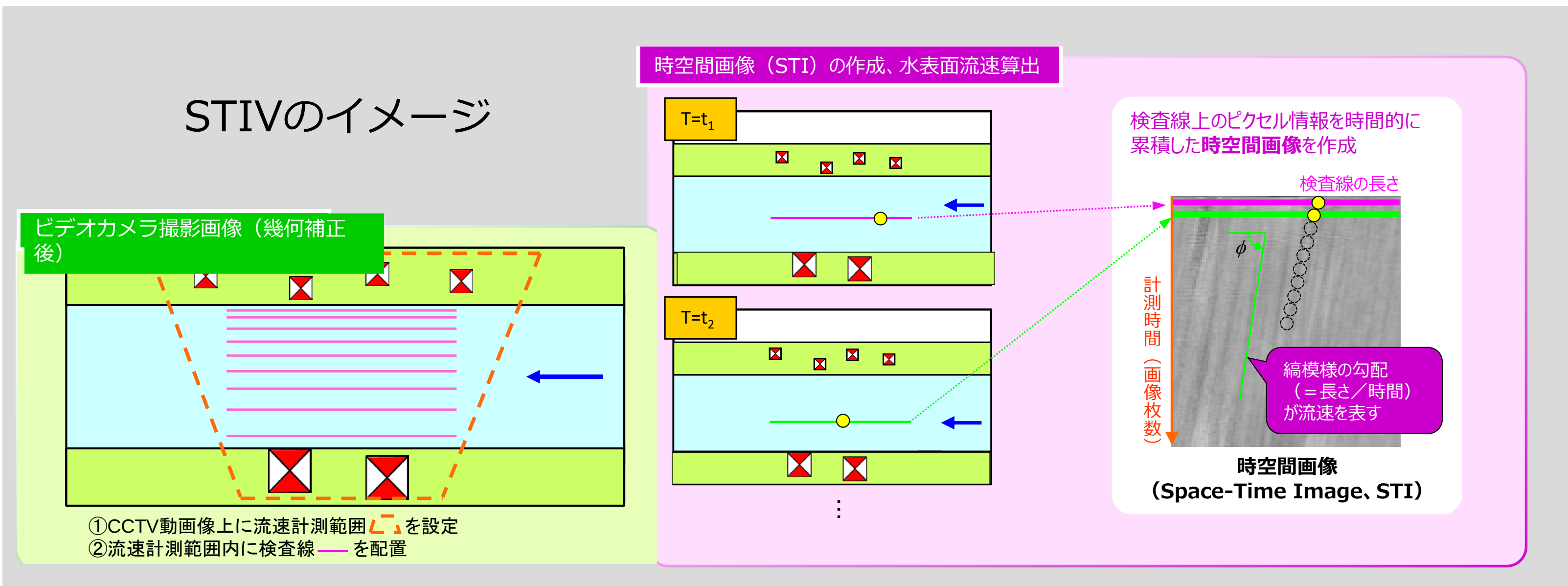
<観測条件>

観測条件は以下の通りである。

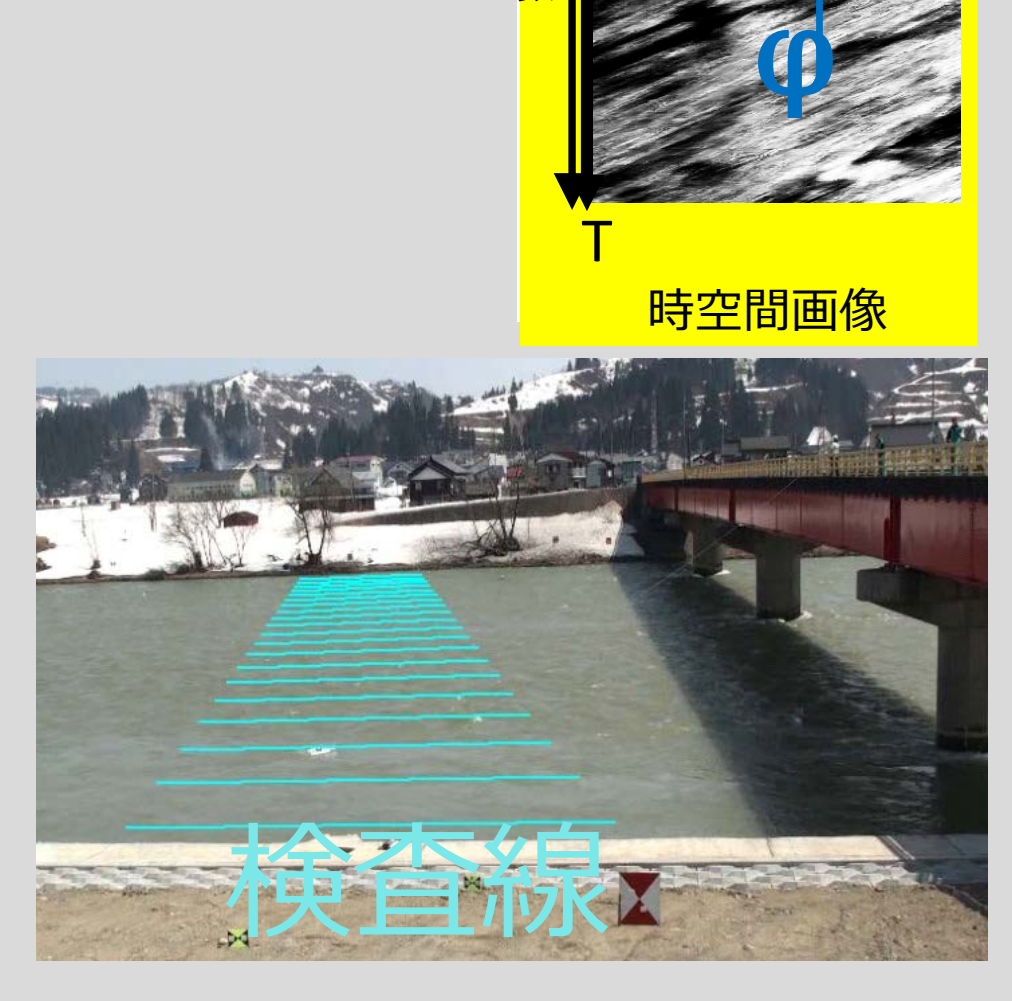
- ①流速が0.5 m以上で水面の波立ちがあること。（水面の波立ちがないと反射波を捉えられないため）
- ②送受信機から水面まで2.0 m以内
- ③反射波の周波数の変化を観測するために俯角は20°～45°の範囲とすること。（照射域や照射エネルギーを考慮すると40°～45°が望ましい）
- ④電波流速計の設置スペースがあること。

②画像解析（STIV法）を用いた観測方法

固定カメラで撮影されたビデオ映像から流速を測定する方法。主流方向に沿うように検査ラインを設置し、検査線上の輝度値（明るさ）を時間軸方向に積み重ね（動画の一コマづつ重ね）た時間画像に生じる縞の傾きから表面流速を観測し、更正係数および断面をかけ流量を算出するものである。



STIV実例



<観測条件>

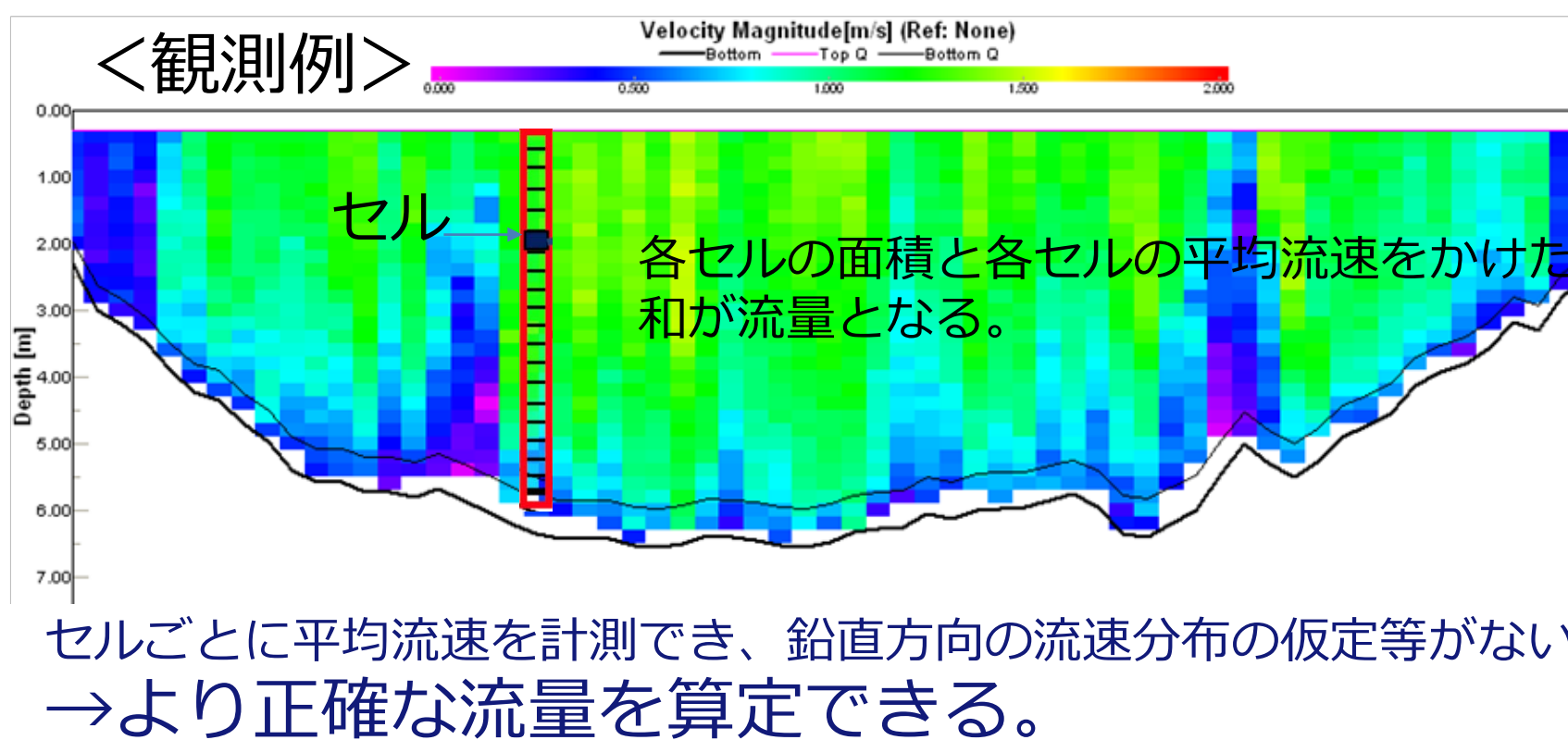
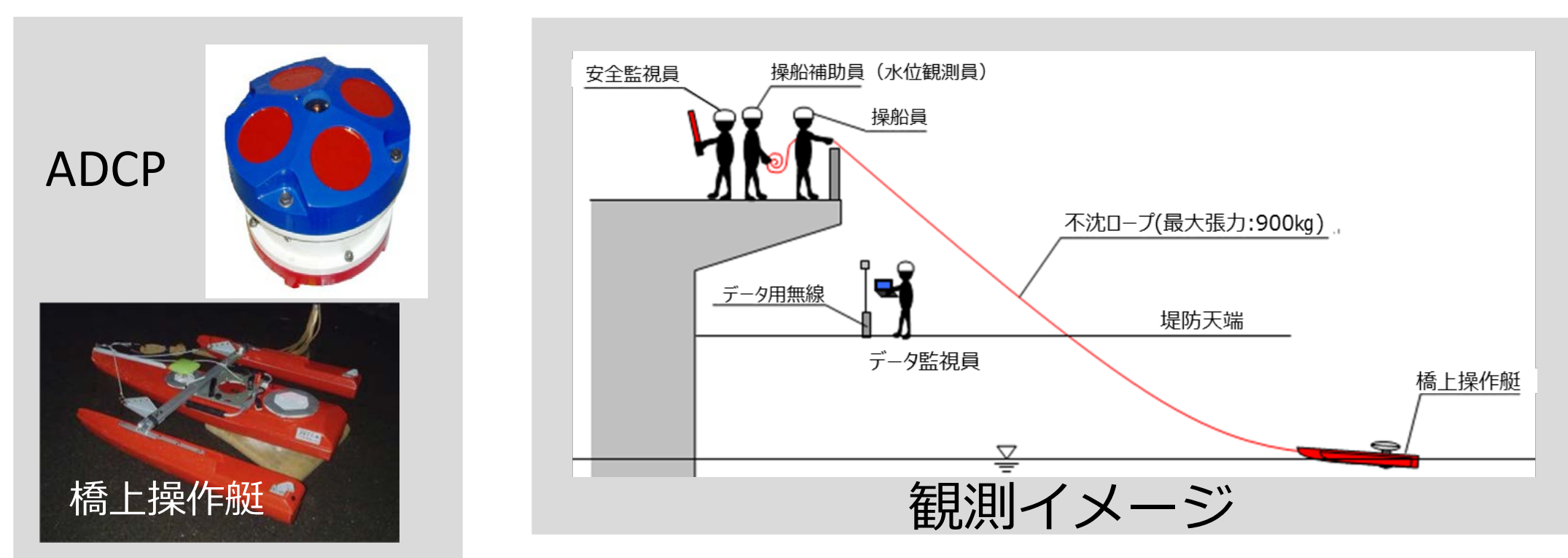
画像と座標について観測条件は以下の通りある。

- ①画像に対する条件
 - ・画素数は200万画素以上を確保すること（既存のcctvを利用するなど撮影機器に制約がある場合はこの限りではない）
 - ・フレームレートは、30fps（1秒あたり30コマ）を標準とし、最低7.5fps以上を確保する。
 - ・解析範囲の1ピクセルが10cm以下となるよう設定する。
- ②標点（座標値の設定）に対する条件
 - ・ビデオカメラ画像上で標定点であると指し示すことができること。
 - ・標定点は少なくとも6点以上設置し位置座標・標高を取得する。
 - ・標定点は流速計測範囲の周囲を取り囲むように平面・鉛直方向に満遍なく配置する。また、画角端部はレンズの歪みの影響を受けるため標点の設置は避ける。

③ADCPによる観測方法

ADCPによる観測は比較的高精度であり、流量の算出に用いる仮定が一番少ない手法である。本研究では主に比較検証用として用いた。

ADCPは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・流速分布を測定できる機器である。これを可搬型の橋上操作艇に装着して橋梁上から下流側に係留し、徒歩で橋梁を横断させながら横断面内の流速分布を計測でき、さらに、河床高の計測も可能である。流量値としてはセル断面ごとに平均流速をかけた和となる。



2. 2 高度化流量観測手法の検証

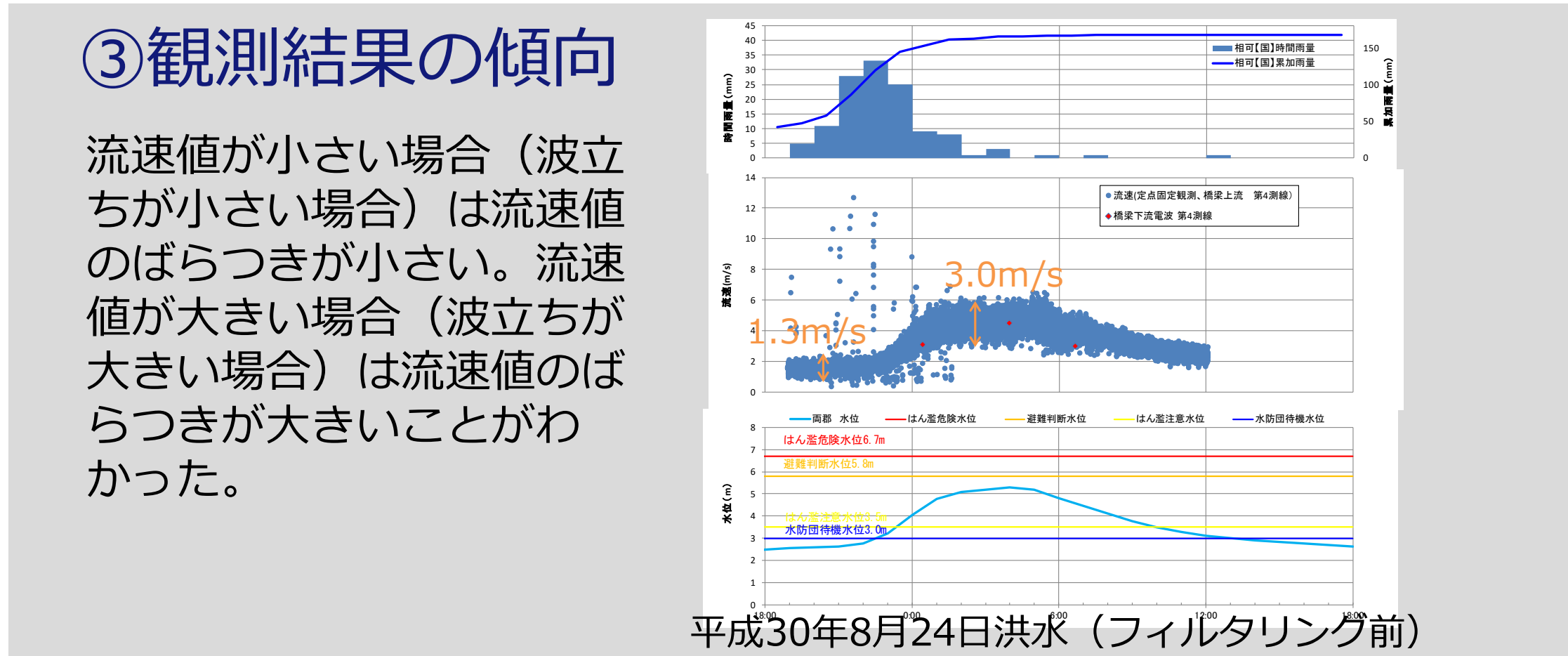
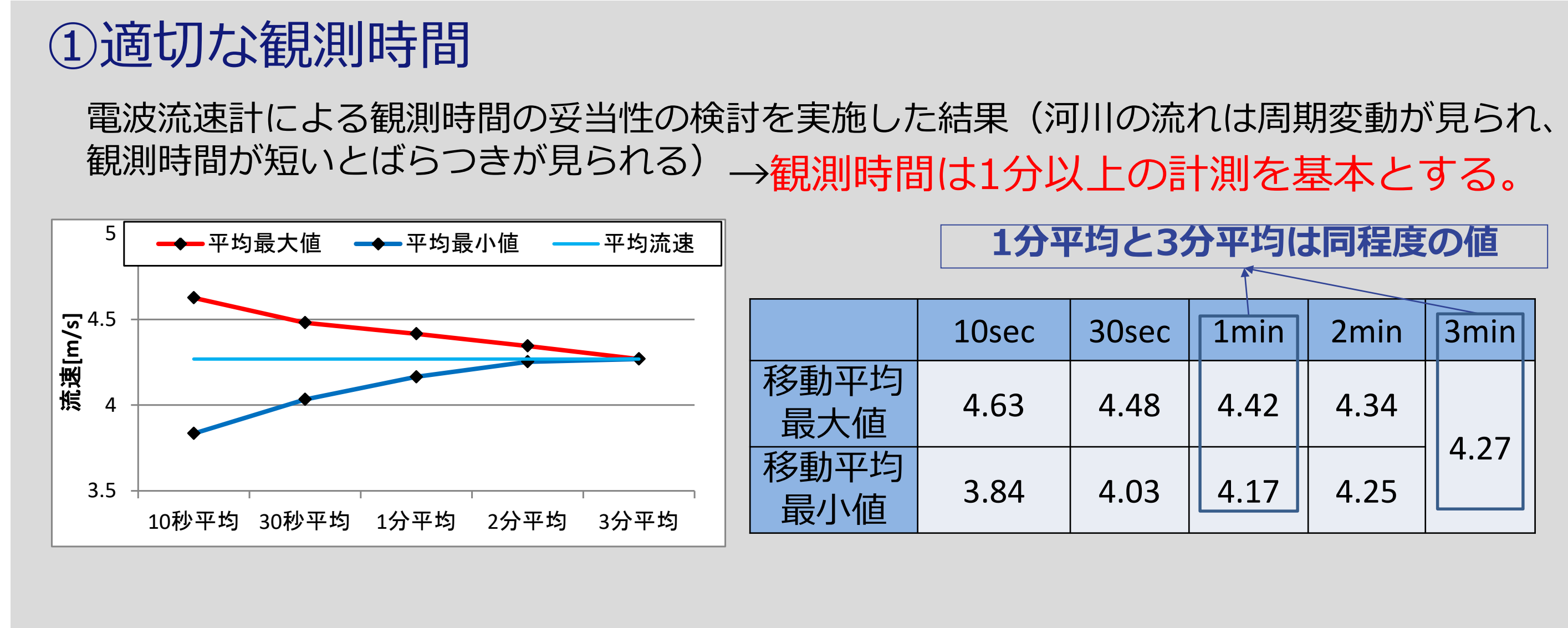
上記の各高度化観測手法を中部地方整備局管内の流量観測所で浮子観測に合わせて実施し流速値・流量値を比較検証してきた。

観測はH27年から開始し令和元年までの5ヶ年で電波流速計での実施観測所数は36観測所（計測数108回）、画像（STIV）解析での実施観測所数は16観測所（計測数60回）、ADCP曳航観測での実施観測所数は10観測所（計測数19回）となる。 ※ 計測数は流量のとりまとめまで実施した数（観測所毎1洪水1計測としてカウント）のこと。

3. 結果

3. 1 観測して明らかになった計測条件・課題・改善措置

3. 1. 1 電波流速計による観測



3. 1. 2 画像解析（STIV法）による観測



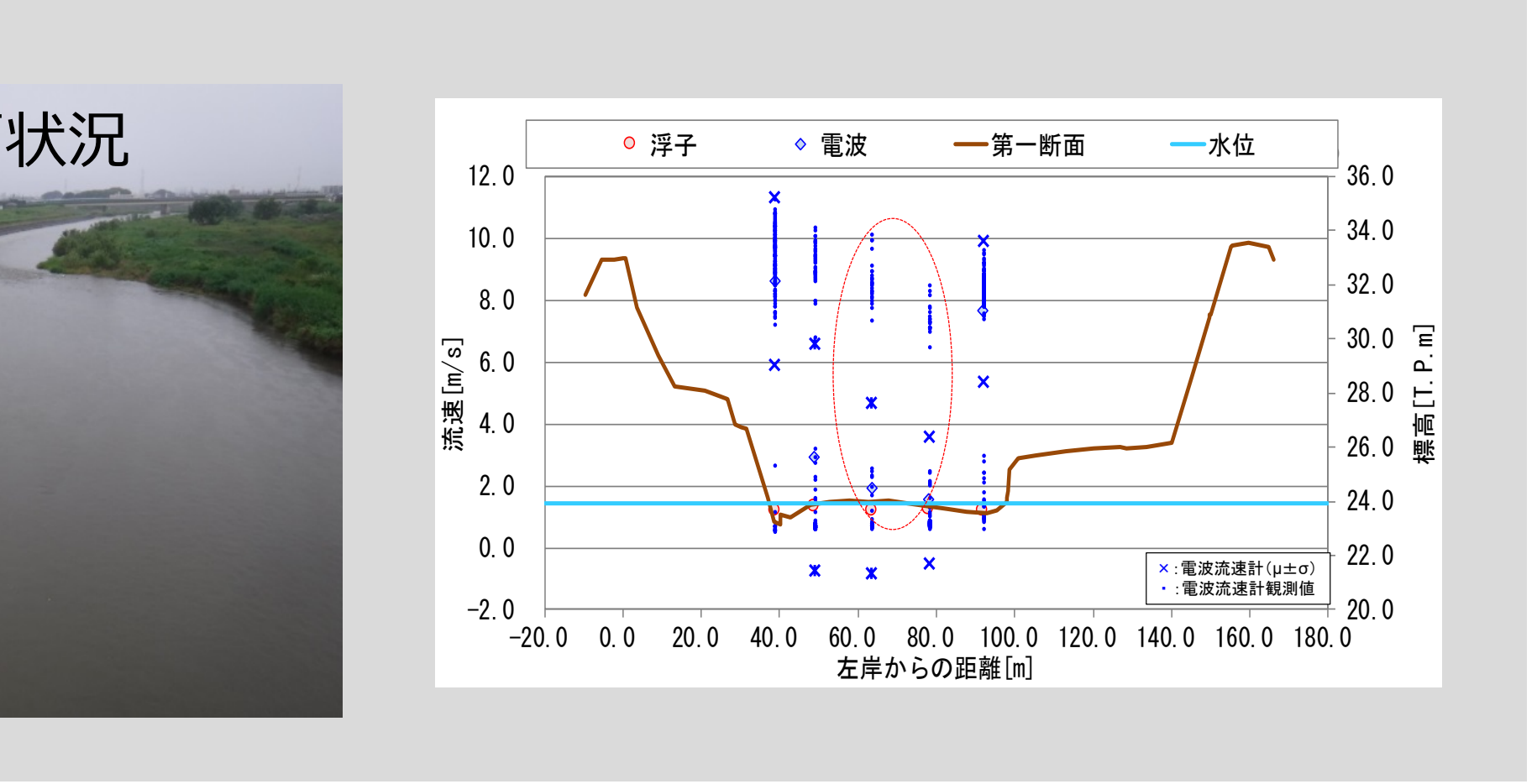
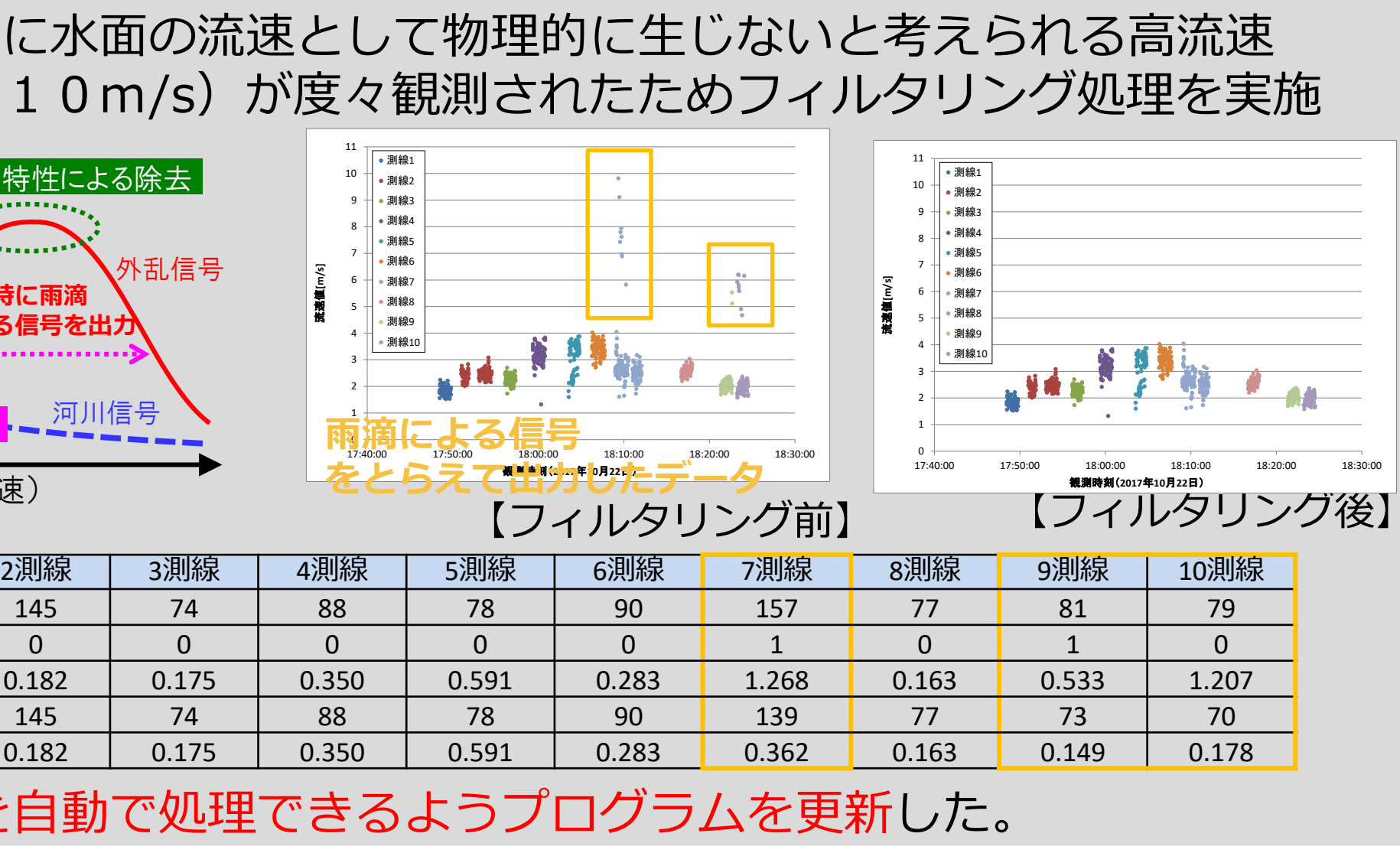
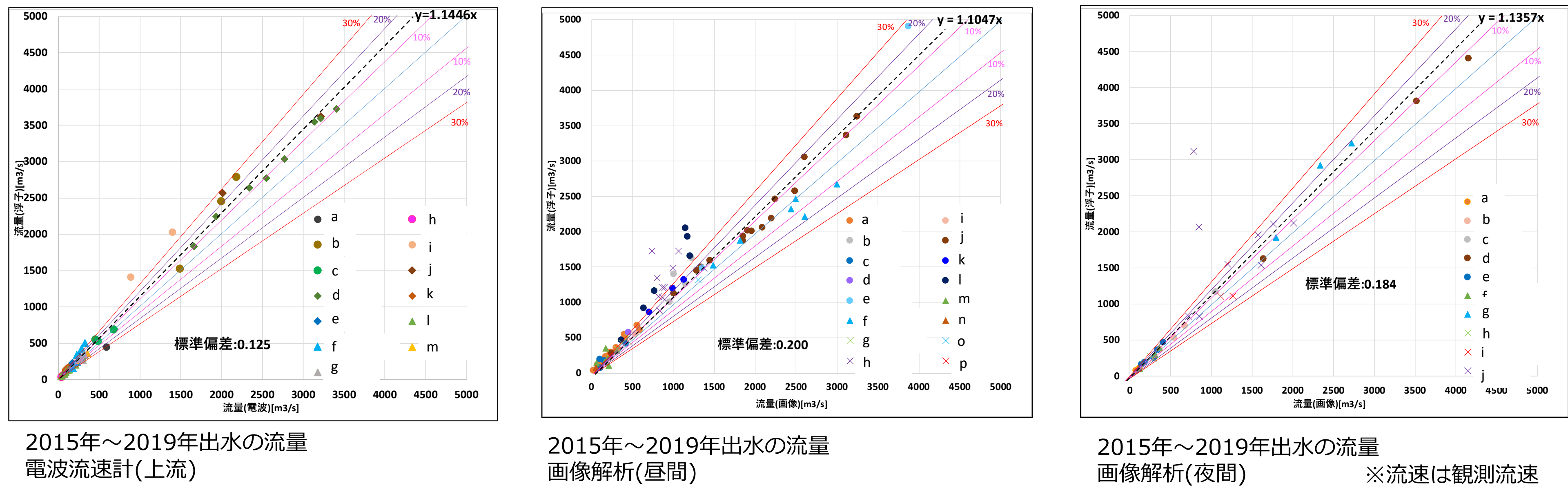
3. 1. 3 高度化観測手法の特徴

観測によって明らかになった事項も含め高度化手法のメリット・デメリットおよび特徴を以下に示す。

観測原理種別	非接触型	接触型
観測手法	電波流速計（可搬・固定式）	画像解析（STIV解析）
手法概要	水面の波立ちに向けて電波を照射し、電波の周波数の変化から水面の流速を計測	水面の波立ちを捉えられる画像を取得し、検査線状の輝度変化から水面の流速を計測
観測形態	有人・無人観測	有人・無人観測
利点（優位点）	観測位置、観測測線数を現場で容易に調整できるため、流況の変化等に対応できる。 従来手法より少人数での観測が可能となる。	解析可能な画質の画像が取得できれば観測できる。 カメラ、録画装置を設置することで自動化が図られる。 精度検証を含む分析に画像を利用できる。
欠点（観測上の課題）	強風時には風影響による観測精度の低下が懸念される。 河川工物等による反射波による観測精度の低下が懸念される。 雨滴の速度も観測しノイズが発生するが自動処理プログラムにより改善した。	夜間、荒天時等の画質低下に起因する解析精度低下が懸念される。 強風時には風影響による観測精度の低下が懸念される。 現場で観測値を確認できない。 水面の波立ちが大きい場合、解析精度の低下が懸念される。
その他	水面に波立ちが生じない箇所は観測できない。 固定式を橋梁等に設置することで観測の自動化は図れるが、観測位置は容易に変更できなくなる。	水面に波立ちが生じない箇所は観測できない。 遠赤外線カメラ等を利用することで夜間時に観測できる。 CCTVの利用状況によっては観測用の画像取得に制限を受ける。

3. 1. 4 浮子観測と高度化観測結果の比較

既往の高度化観測結果について浮子観測流量との比較を整理した結果、高度化観測流量と浮子観測流量の比は約【1：1.1】の関係となることが分かった。※2015年～2019年の観測、解析結果



4. まとめ

現時点までの本研究の成果をまとめると以下の通りである。

- 電波流速計による解析及び画像解析による流量観測の適切な方法を検討した。また、これまでに得られた知見を用いて既往データをもとに精度を向上させる再解析手法を確立した。
- 各高度化手法について特徴・利点・欠点等を取りまとめた。（3.1.3 高度化観測手法の特徴）
- 浮子観測流量と高度化観測流量の比は約1：1.1程度であることが分かった。
- 観測箇所の状況によっては適切な手法を選択することが望ましい。（例えば、水面揺動がなく波紋もできにくい場所では浮子観測で行うなど。）

今後の要検討事項は以下の通りである。

- 高度化観測手法の実用に向けた浮子観測法と並行観測データの蓄積と検証
- 高度化観測手法の不確実性の算定