

Hydro-STIV_≡

流速・流量計測システム

映像を用いた非接触型流速・流量計

安全で高精度な新しい流量観測

藤田一郎 神戸大学名誉教授による最新の STIV 技術を搭載^{*1}
STIV を搭載した唯一の商用システム^{*2}

特許第6910506号

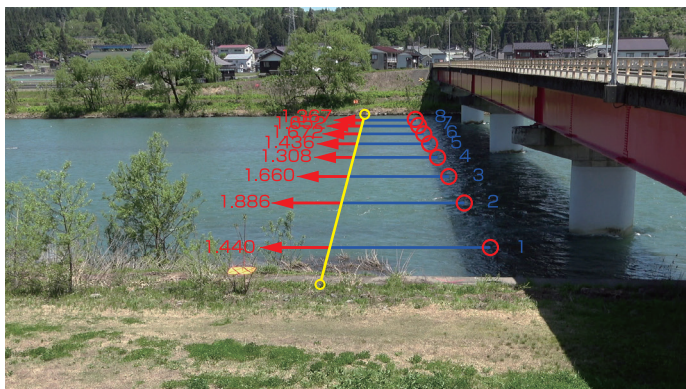
NETIS登録KK-220021-A

 株式会社 ハイドロ総合技術研究所

^{*1} Fujita I. Discharge Measurements of Snowmelt Flood by Space-Time Image Velocimetry during the Night Using Far-Infrared Camera. Water. 2017; 9(4):269.

^{*2} 2022年9月現在

映像を用いた流速計測のしくみ



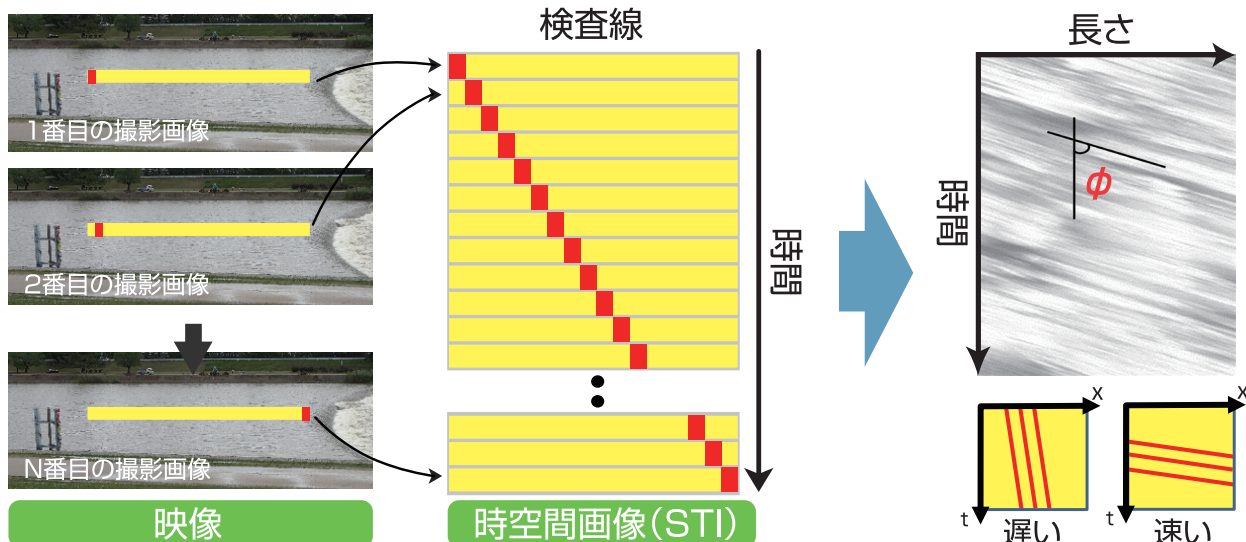
Hydro-STIVとは、映像と水位情報を用いて流速・流量を計測するシステムです。

最新のSTIVとAIを融合し、高精度な計測を実現しました。

洪水などの危険時に河川に近づくことなく安全で簡単に精度よくピーク時の流速・流量計測を行うことが可能です。

● STIVの概要

STIVは、映像から時空間画像(Space-Time Image : STI)を生成し、その時空間画像(STI)から流速(V)を計算する技術です。河川の映像から流速の計測箇所を一コマずつ取り出して縦に並べると、流速に基づいた縞模様が現れた画像(STI画像)が生成されます。この縞の傾きが流れの速さを表していることを利用し、流速を計測します。



映像から時空間画像(STI)を生成

図中の黄色線は検査線、赤四角は表面波紋等の輝度値の特徴を表しています。時空間画像(STI)は検査線上の輝度値を時間方向に並べることで生成され、流速に応じた輝度分布の縞模様が現れます。

時空間画像(STI)から流速(V)を計算

流速は時空間画像(STI)の縞模様の傾き(ϕ)、長さ、および時間から計算されます。下の図は、 ϕ が小さい場合には流れが遅く、 ϕ が大きい場合には流れが速いことを表します。

● 現地作業



① 川の両岸に標定点を設置



② 標定点座標を測量



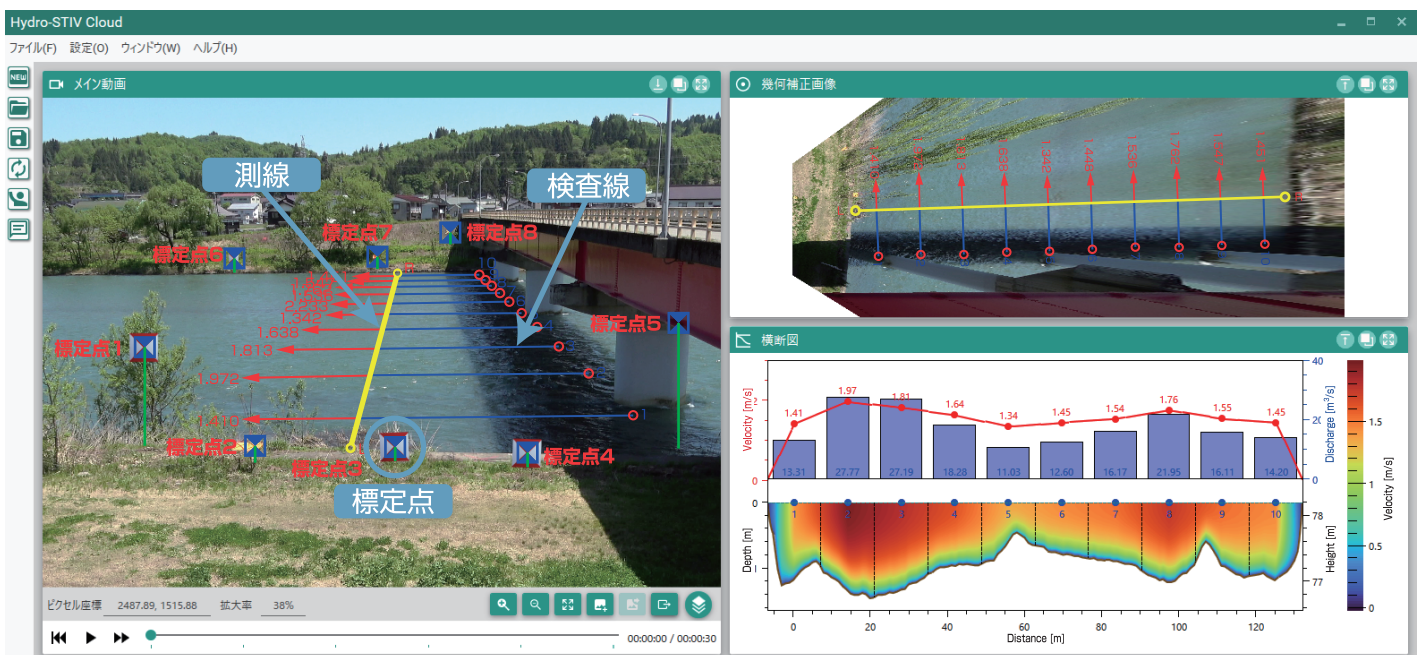
③ 水位情報の取得



④ 動画を撮影

現地での作業は以上！

● STIVによる計測

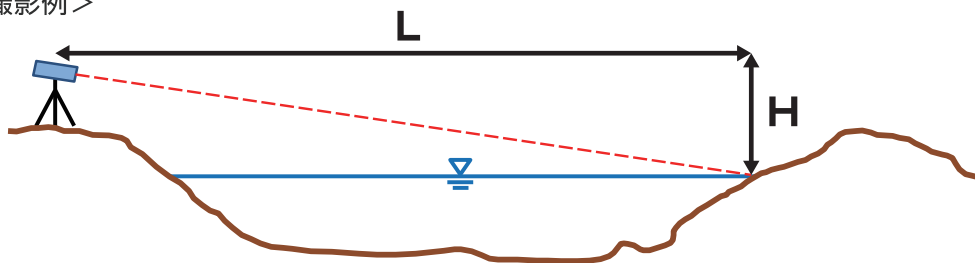


ウィザード形式を採用し、直感的な操作で簡単に計測が可能です。
計測結果はHTMLのレポートに出力することができ、報告書や計算書に使用可能です。

● 観測用カメラ設置例

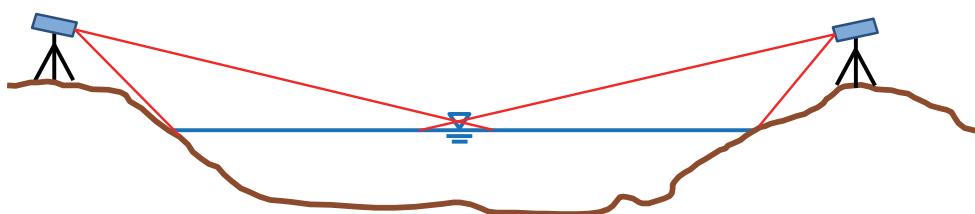
Hydro-STIVで流速・流量を計測するためのカメラの設置例を提示します。
下記を参考に、カメラを設置してください。

<1台のカメラでの撮影例>



対岸までの距離 : L	水面からの高さ : H	カメラ解像度
~50m	条件なし	SD(720×480)
~100m	3m以上	HD(1280×720)
~200m	7m以上	FHD(1920×1080)

<2台のカメラを両岸に設置した撮影例>

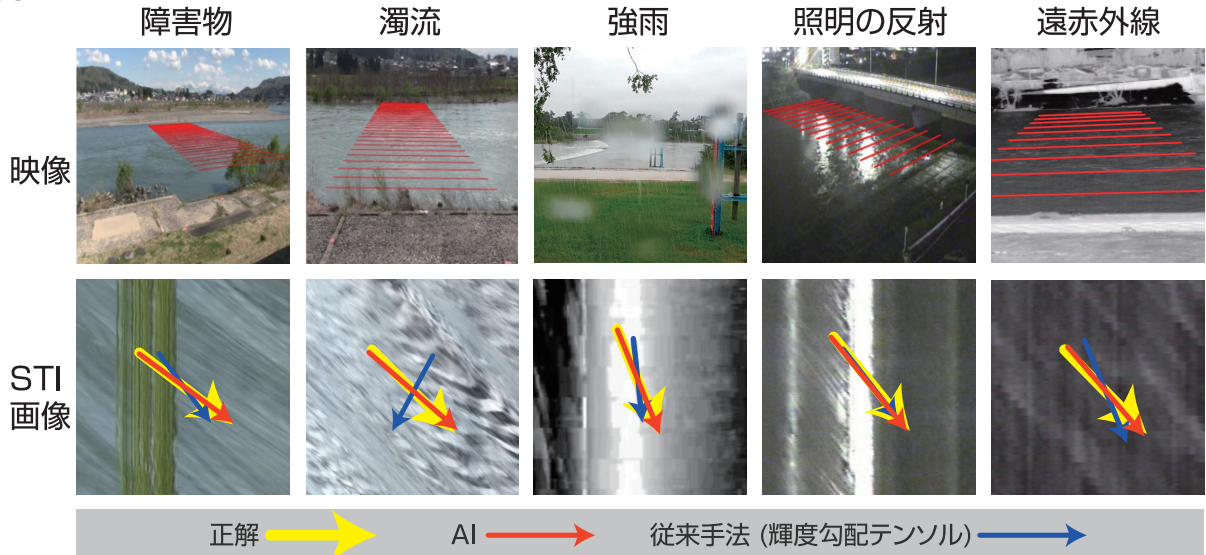


対岸までの距離 : L	水面からの高さ : H	カメラ解像度
~100m	条件なし	SD(720×480)
~200m	3m	HD(1280×720)
~400m	7m	FHD(1920×1080)

● AIによる高速・高精度な計測

特許第6910506号

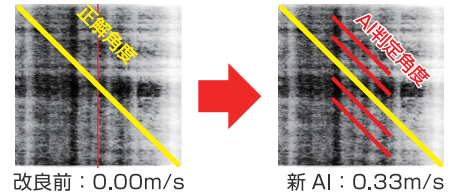
AI(ディープラーニング)解析を用いることで、従来手法より安定した計測を実現しています。大量のデータを学習させたモデルを用いることで、障害物が映り込む場合や、高水時の濁流、強雨時、遠赤外線カメラを使った場合など、様々な状況においても自動的に精度よく計測することができます。



※藤田 一郎・柴野 達至・谷昂二郎:悪条件下で撮影されたビデオ画像に対するSTIV 解析の高性能化,土木学会論文集B1 (水工学),Vol. 74, No.5,I_619-I_624,2018.

実河川の映像を継続的に収集して学習データを増強することでAIを強化しています。その結果、劣悪なSTIでも正確に計測可能となりました。

目視で判断できないような劣悪なSTIでも計測可能に



● STIVの特長と運用事例

STIVでは輝度の微妙な違いから流速を計測するため、浮子やトレーサーが不要で、水面の波紋の動きさえ撮影できれば、低水時から高水時まで昼夜問わず幅広い環境で計測可能です。



※国土地理院HPのデータを加工して作成(https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/H29hukuoka_ooita-heavyrain.html)

STIVによる流速の計測精度評価

● STIVとADCPによる計測結果の比較

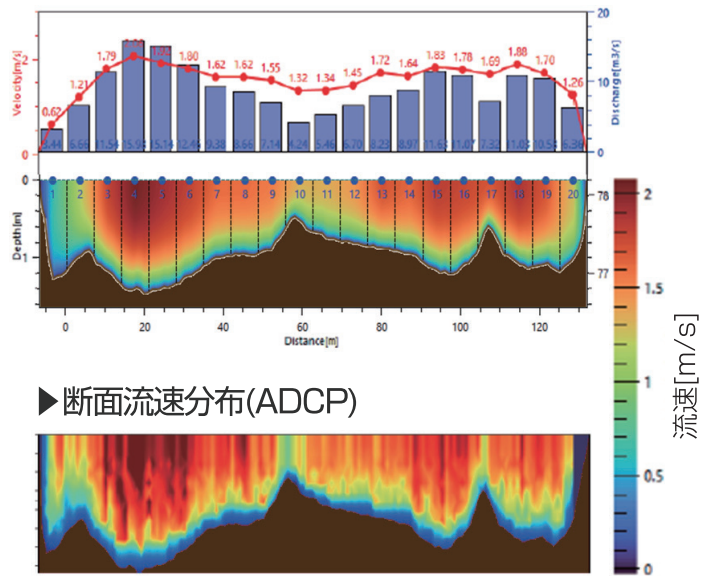
ADCP(超音波流速計)とHydro-STIVのそれぞれで流速・流量を計測した結果を比較したところ、両者の計測流量は5%程度以内の差異となることが確認されています。



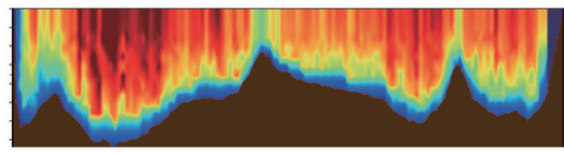
Hydro-STIV	ADCP
181.98m ³ /s	182.35m ³ /s

差異0.2%

▶ 表面流速・断面流速分布(Hydro-STIV)



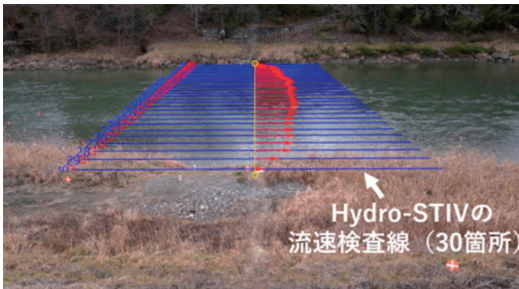
▶ 断面流速分布(ADCP)



ADCPと同等の計測精度

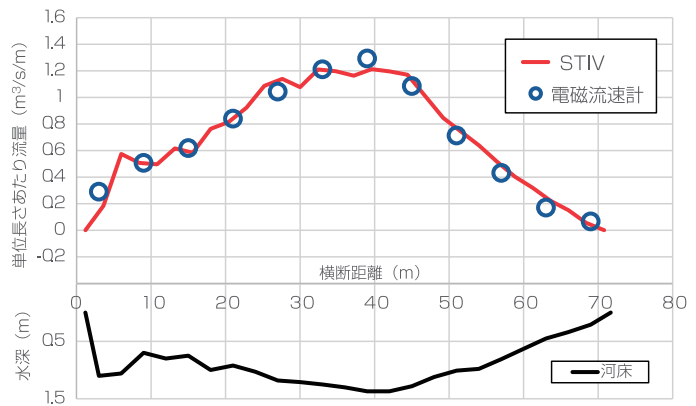
● STIVと電磁流速計による計測結果の比較

電磁流速計とHydro-STIVのそれぞれで流速・流量を計測した結果を比較したところ、両者の計測流量は5%程度以内の差異となることが確認されています。



Hydro-STIV	電磁流速計
49.96m ³ /s	49.25m ³ /s

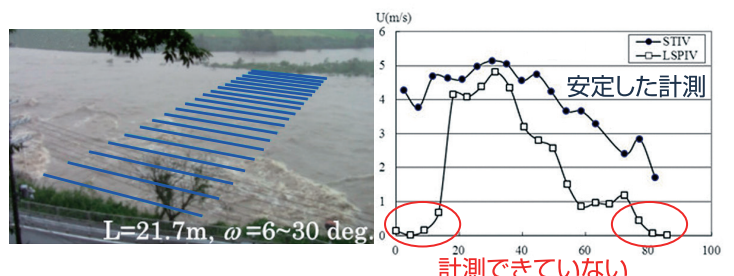
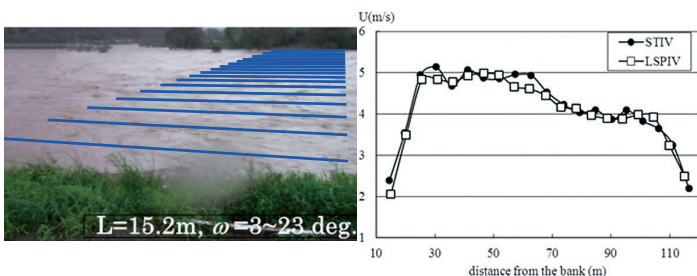
差異1.4%



電磁流速計と同等の計測精度

● STIVとLSPIV(他の画像解析)による計測結果の比較

STIVではLSPIVが苦手な植生など障害物がある場合や、明瞭な波紋が映っていない場合でも安定して流速を計測可能です。



※Aberle, Jochen, et al., eds. Experimental Hydraulics: Methods, Instrumentation, Data Processing and Management: Volume II: Instrumentation and Measurement Techniques. CRC Press, 2017.

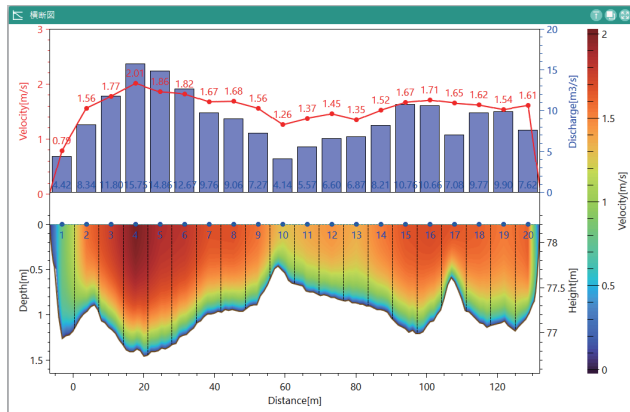
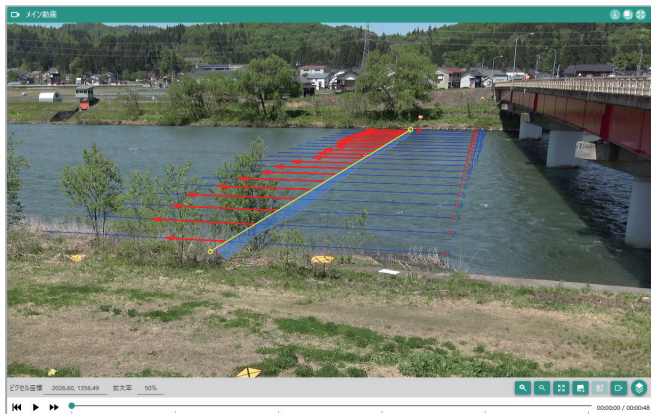
他の画像解析と比べて安定した計測精度

Hydro-STIVの主な機能

● MEM(最大エントロピー法)による断面流速分布の算出

表面流速分布と横断形状から、断面流速分布を推定する機能です。この機能により、更正係数(表面流速係数)を用いずに流量を算出します。

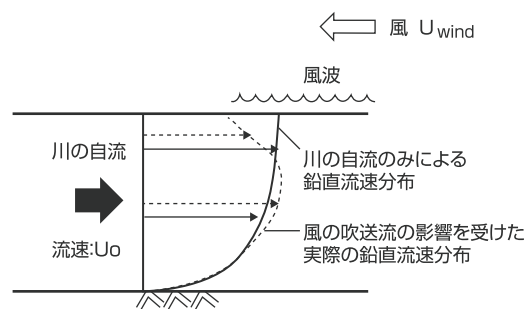
推定した断面流速分布は、断面図にコンターで表示されます。



● 風の影響補正機能

風向・風速の影響を考慮する機能を使用することで、風の影響を補正した表面流速を算定することができます。

※「流量観測の高度化マニュアル(高水流量観測編)」(土木研究所)で紹介されている、経験則に基づいた補正式を採用しています。



● ドローン撮影を利用した計測

ドローンなどで上空から撮影した映像を利用して、流速・流量を計測することが可能です。対岸までの見通しが悪い広幅な河川や、人が近づくことの難しい山間部、洪水時の河川等を、ドローンで撮影することで容易に計測が可能です。垂直撮影の場合、幾何補正が必要なく、画像上の2点間の距離のみで実スケールが分かることもメリットです。

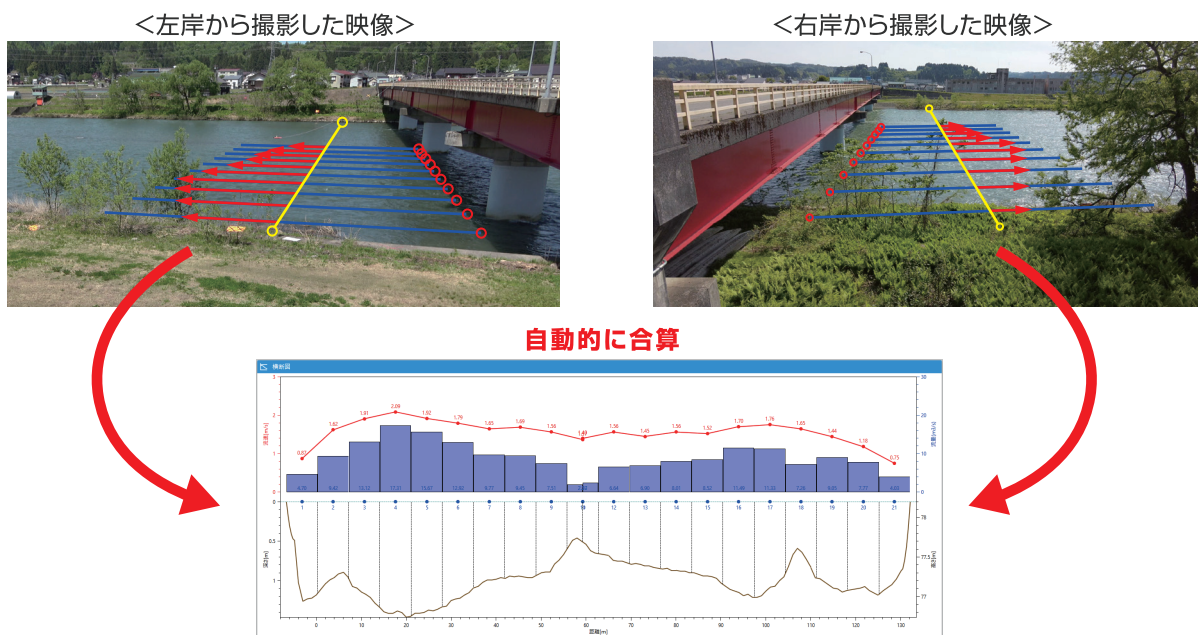


※1 国土地理院HPのデータを加工して作成(https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/H29hukuoka_oita-heavyrain.html)

※2 Fujita I., Notoya Y. and Furuta T.: Measurement of inundating flow from a broken embankment by using video images shoot from a media helicopter, River Flow 2018.

● 複数カメラによる大規模河川での計測

大規模河川など、1台のカメラでは計測が難しい場合でも、複数台のカメラを用いて撮影範囲を分担することで計測が可能になります。

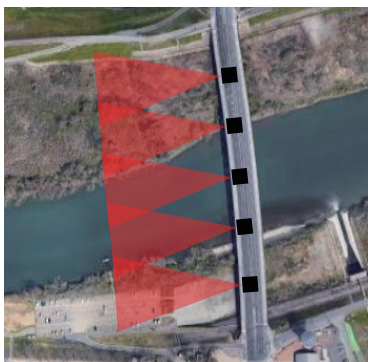


自動的に複数カメラで計測を行うシステムへのカスタマイズも対応可能です。

▶ 両岸にカメラ配置



▶ 橋上に複数台カメラ配置



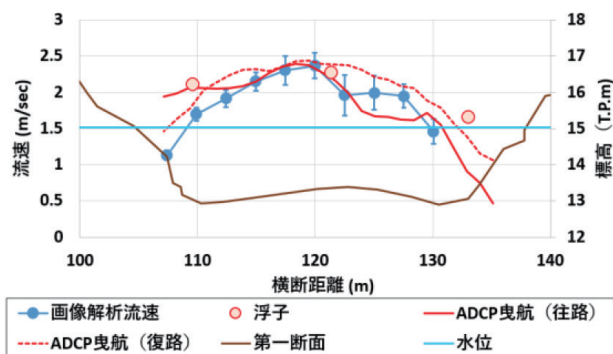
▶ 植生等で川幅全体が見えない場合の応用例



● 不確かさ評価機能

国際標準化機構(ISO)で規定されている不確かさ評価手法に基づき、計測結果のバラつきや幾何補正誤差・解像度(分解能)による系統誤差を考慮した、STIV計測結果の不確かさ評価機能を開発しました。[※]

計測結果の不確かさ評価幅は、計測条件の妥当性評価や、計測結果の棄却判断等に活用できます。



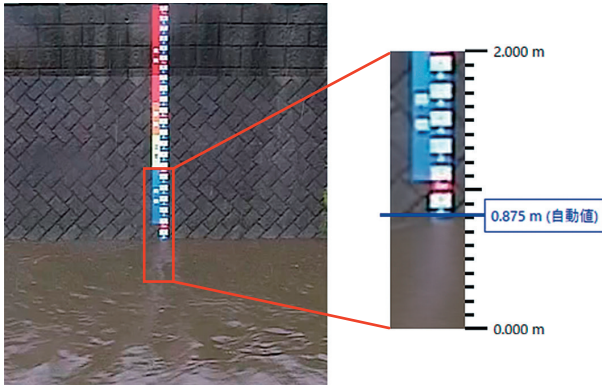
※ISO : ISO 25377 (Hydrometric uncertainty guidance (HUG)), 2020.

弊社作成論文・渡辺ら : 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.

● 画像による水位自動計測機能

画像の中にある量水標、橋脚、コンクリート壁などの垂直構造物上で水際を検知することにより、水位を計測します。量水標を利用するか、垂直構造物を測量しておくことで、Hydro-STIVのみで水位の計測が可能です。

▶ 量水標を使用時

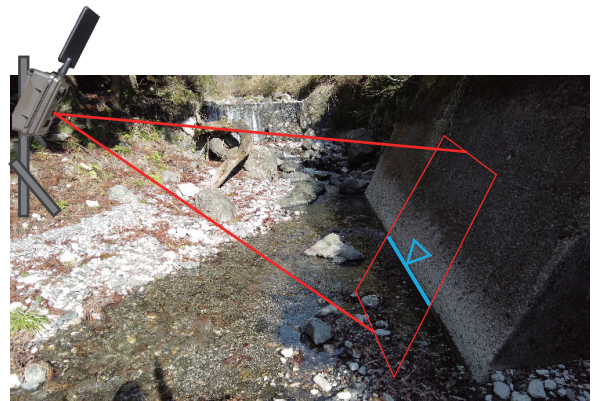


▶ 垂直構造物を使用時



山間部の小河川でも、トレイルカメラのみの設置で水位と流速が計測でき、流量観測を行うことができます。

通信機能付きのカメラなら、カメラのみでリアルタイム流量観測が実現します。



▶ 水位の計測精度

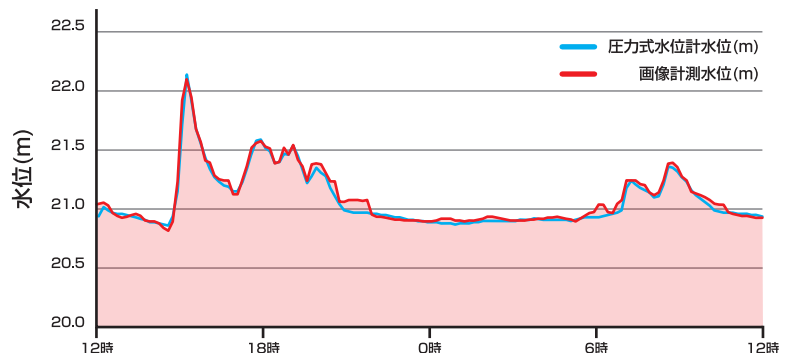
計測精度は、計測対象画像の解像度に依存します。

画像解像度が5cm/pixel以下である箇所を計測対象とした場合、ISO基準でクラス3の水位計測機器の性能に相当します。

(ISO4373：2008_流量観測のための水位測定機器)

性能クラス	分解能	計測範囲	不確かさ
クラス3	5cm	高さ幅5.0m	計算範囲の±1%以内

Hydro-STIVにより画像から水位を計測した結果と、圧力式水位計の計測水位を比較し、大きな差異が生じないことを確認しています。

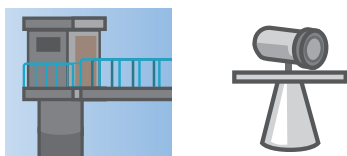


導入サポート・受託解析

● 観測システムの導入サポート

固定カメラの新設や既設のCCTVの利用により、STIVを用いた流量観測を導入する場合、観測地点の調査や設置機器の選定など、検討項目が多岐に及びます。全国の多くの地点への導入に携わった経験を活かし、観測地点の選定から運用までサポートします。

▶ 観測地点



- ・カメラ位置、画角の検討
- ・カメラ性能の確認
- ・標定測量の計画

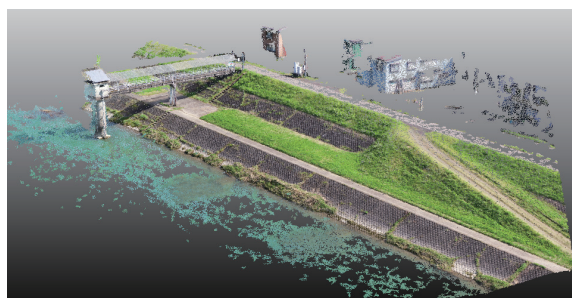
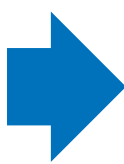
▶ サーバ



- ・サーバ性能の検討
- ・計測条件設定
- ・観測結果の定期分析

● 幾何補正サービス（SfM点群生成オプション付）

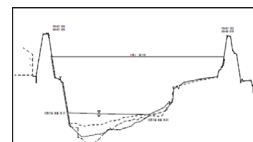
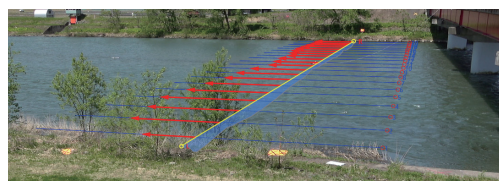
標定点位置の検討および標定点を用いた幾何補正を弊社が実施します。また、SfMによる3D点群を活用することで、測量された標定点に不備があった場合や計測画角が変更となった場合でも再測量なしに幾何補正を行うことができます。流速・流量の計測に用いる映像と標定点測量座標、その周辺を撮影した画像をご提供いただければ、弊社でSfMを実施し、幾何補正を行います。



SfM(Structure from Motion)：複数の画像間の視差によって画像内の物体や風景を3D化する技術

● STIV受託解析

弊社の専門技術者がHydro-STIVを用いて画像から流速・流量を解析します。現地で撮影した河川映像および水位情報、河道横断データ、標定点情報をご提供いただければ、計測結果のレポートを作成します。



Hydro-STIV Cloud

映像による流速・流量計測ソフトウェア

『Hydro-STIVクラウド』は、クラウドシステムを介したネットワーク認証を採用しており、事務所のPCだけでなくテレワーク環境や観測現場など場所を選ばず利用可能です。ネットワーク上では映像データや計測結果などの情報は一切利用しないため、セキュリティ面でも安心して利用できます。また、Hydro-STIVクラウドをご利用のお客様には、ソフトウェアのダウンロードやHydro-STIVの最新情報を扱うポータルサイトを提供します。



Hydro-STIV Portable

映像による流速・流量計測機器

『Hydro-STIVポータブル』は、スマホやタブレット搭載のカメラで映像を撮影し、その場で流速・流量計測を実行できる計測機器です。スマホやタブレットの加速度センサーによる角度情報と、レーザー距離計による水面までの距離情報のみで流速・流量を計測できます。標定点の測量が不要で、その場で手軽に流速・流量を計測できるため、機材の持ち込みが困難な山間部の河川や、樋門の開度ごとに流量が変動する水路での計測に活用できます。



『Hydro-STIVリアルタイム』は、カメラ映像と水位データを用いて自動的に流量観測を実行するシステムです。

観測地点に設置したカメラと接続したサーバへインストールすることで、常時リアルタイムの流量観測が実現します。

本システムには映像等のデータ処理機能やビューワ機能が含まれます。



Hydro-STIVで使用する映像の撮影に適したカメラ



▶ CCTVカメラ・ハンディカメラ・スマートフォンのカメラ

水面のわずかな波紋さえ撮影できれば、カメラの種類を問わず流速・流量を計測できます。昼間は一般的な可視光カメラで問題なく、夜間でも照明の工夫によって計測可能です。



▶ 超高感度カメラ(EIZO SSZ-9700)

河川の水文観測地点等、24時間365日、欠測なく正確な流量観測が必要な地点では、夜間も観測可能な超高感度カメラが有効です。Hydro-STIV リアルタイムで常時観測を行う場合に最適です。



▶ トレイルカメラ

山間部等、電源や通信の問題で通常のカメラの設置が困難な場合は、通信機能付きトレイルカメラが有効です。Hydro-STIV リアルタイムとの連携や画像による水位計測も利用できます。

安全

DX

自動化

高精度

主な機能

計測機能	● STIVによる流速・流量計測
	● AIによる高精度の自動流速計測
	● PTVによる流速計測
	● 画像による水位自動計測
	● 斜め撮影画像の幾何補正
	● 区分求積法による流量算出
	● 異常計測値のフィルタリング
ユーティリティ機能	● 風の影響補正
	● MEMIによる流量算出
	● 河道断面における計測結果の可視化
	● 同一画角映像の連続計測機能
	● 計測結果の手動補正機能
	● 動画のブレ補正機能
	● 動画編集機能(計測対象時間帯の切り出し)
	● 計測結果のサマリレポート出力機能
	● KMZ座標出力機能(Google Earth等で利用可能)
	● 関連ファイルの一括出力機能

使用環境

＜推奨動作環境＞	
OS	: Windows 10 (64-bit版)、Windows 11
CPU	: Intel Core i5 第3世代以上
メモリ	: 4GB以上
ディスプレイ	: 1920×1080
＜動画要件＞	
形式	: avi, mp4, mov, wmv, m2ts
走査	: プログレッシブ(インターレース非推奨)
再生時間	: 15秒～30秒程度
フレームレート	: 24fps以上 (推奨)
解像度	: 720p, 1080p以上 (推奨)

【導入実績：敬称略・50音順】

国内

一般財団法人河川情報センター 一般財団法人建設工学研究所 国立研究開発法人土木研究所 石川県立大学
 大阪大学 岡山大学 岐阜大学 京都大学 神戸大学 名古屋大学 名城大学 山梨大学 株式会社ウエスコ
 株式会社N T T ドコモ 九州建設コンサルタント株式会社 中電技術コンサルタント株式会社
 株式会社東京建設コンサルタント 株式会社ニュージェック パシフィックコンサルタンツ株式会社
 株式会社福田水文センター 富士通株式会社 株式会社北開水工コンサルタント 三井共同建設コンサルタント株式会社

海外

(自治体・研究機関・教育機関・企業)
 アイスランド アイルランド イギリス オーストラリア カナダ 韓国 スウェーデン 中国 ニュージーランド
 フィンランド ベトナム

製品のご購入・お問い合わせ先



株式会社 ハイドロ総合技術研究所

〒530-6126 大阪市北区中之島 3-3-23 中之島ダイビル 26F

E-Mail: hydro-stiv-info@hydrosoken.co.jp TEL : 06-6479-3811

<https://www.hydrosoken.co.jp/>

