

非接触型流速計



国立研究開発法人 土木研究所
水工研究グループ 水文チーム
上席研究員 笛田 俊治

非接触型流速(水位)計の特徴



- ✓安定的な計測が可能
(支障物の影響小、流路変更に対して即時/柔軟に対応)
- ✓測定時間が短い
(例えば、テレメータ水位の10分単位と整合可能)
- ✓連続的な観測が可能
(洪水の立ち上がりやピークも確実に把握)
- ✓橋梁や浮子投下装置がない場所でも計測可能
(観測地点/範囲の自由度増大、可搬型)
- ✓無人・自動観測
(急激な洪水の立ち上がり、観測者不足、安全確実)

非接触型流速計導入の効果



- ✓欠測の減少(立ち上がり~ピーク~減水期)
(砂州の移動による観測不能)
(支障物による堰上げ、衝突による破壊)
(観測者の移動時間、安全確保)
- ✓洪水予測の精度向上
(水位・雨量に加え、流量のリアルタイム値による補正)
(水位勾配・エネルギー勾配の観測)
(河床変化の予測)
- ✓河川津波にも対応可能
(逆流況、水位・流速の急変)
- ✓可搬型も可能

水文観測(水位・流量)における現状の課題(1)



- ✓砂州の移動を含む大きな河床変動により、水位計近傍に土砂堆積が起り、計測不能に。
→砂州が移動する度に水位計の位置を変更する必要?



水文観測(水位・流量)における現状の課題(2)



- ✓流木等の漂流物により、河道内に設置していた水位計が破壊
- ✓氾濫(内水・外水)や退去命令により作業員が流量観測地点に行けなくなり、観測が実施できない。



流木が堆積した
水位計
(その後破損)

水位上昇のため
道路閉鎖
(観測地点での
作業不能)

水文観測(水位・流量)における現状の課題(3)



- ✓特に流出の早い観測地点における洪水の立ち上がりやピーク観測に課題
- ✓測定区間・測定時間の平均流速しか計測できない(テレメータの10分単位と整合させられない)
- ✓連続的な観測ができない(ピーク流量が把握できない場合も)
- ✓測定精度に課題(浮子が予定した測線から外れる、橋脚後流の影響等)
- ✓観測には3人~5人程度の経験豊富な観測者が必要

水面情報から河床高／流量を予測・計測

非接触型流速(水位)計から得られる水面情報(表面流速;v、水面勾配:l、水位;H)から河床変動を加味した水深:h(H-h=河床高)を予測し、流量を計測

水路実験の結果から得られた河床波と流水の関係

河床波と流砂を考慮した流水抵抗に関する理論の構築と検証

岸・黒木(1973)の $\tau^* - \tau^*$ 関係

期待される成果

①の新しい計測手法で計測されると期待される観測結果

得られる推定河床高の一例

(イメージ図)

洪水時の水位予測のみならず、
・総合土砂管理
・河道管理(植生含む)
等、様々な活用を想定

CCTVカメラ画像を活用した流量観測技術

既存のインフラであるCCTVカメラ画像からSpace Time Image Velocimeter (STIV)を用いて河川水の表面流速を算出

① 評定点と共に河川水の流れの映像を取得
② 河道に平行に検査線を設定(上左図)
③ 1本の検査線に注目し、横軸を検査線の長さ、縦軸を時間として時空間画像を作成(上右図)
④ ③で作成される画像の縞模様の角度から流速を算出する。

浮子測法とSTIV法による流速横断分布

河積の無人・自動リアルタイム観測技術

洪水中の河床高は大きく変動
→ ADCPを用いなくても、**設置型計測機**で河床高を連続計測し、河積を算定することは可能

洪水中の河床高の時間変化の一例(富士川南側観測所)

・河道内のH鋼に設置した音響測深機を用いて洪水中の河床高をモニタリング

・橋脚に計測機器を設置し、1年間の計測を実施

橋脚に設置した音響測深機(橋の下流から上流を撮影 姫川)
橋脚に設置した音響測深機(センサー部近影)

電波式流速水位計

横河電子機器と土木研究所の共同研究

電波式流速水位計の特徴

- ・(他方式に比べ)夜間・悪天候時でも安定的に観測可能
- ・センサー1個で広域(線的・面的)の観測値を取得可能
- ・現観測手法では得られないデータ(例えばエネルギー勾配の面的分布)を取得可能
- ・観測地点(対象域)の自由度拡大(例えば、橋の直下以外でも計測可能など)

→ 低水及び洪水時の水位・流速を面的に計測

電波式流速水位計の計測原理

二周波CW(Continuous Wave)レーダの活用

表面流速: V

送信波

距離 R

反射波

河川

$$S_{fi} = a \cdot \cos[2\pi f_i t + \theta_i] \quad (i = 1, 2)$$

$$R_{fi} = b \cdot \cos\left[2\pi(f_i + f_{d1})t - \frac{4\pi R f_i}{C} + \theta_i\right]$$

ドップラー信号

$$R_{fi} \cdot S_{fi} = \frac{ab}{2} \left\{ \cos\left[4\pi\left(f_i + \frac{1}{2}f_{d1}\right)t + 2\theta_i - \frac{4\pi R f_i}{C}\right] + \cos\left[2\pi f_{d1}t - \frac{4\pi R f_i}{C}\right] \right\} \quad (i = 1, 2)$$

自然河川の計測の場合、面内の水粒子の速度は複雑
→ドップラー信号にスペクトル解析をかける。

計測例

$$d_{fi} = \frac{ab}{2} \left\{ \cos\left[2\pi f_{d1}t - \frac{4\pi R f_i}{C}\right] \right\} = A \cdot \cos(\omega_1 t + \theta_1) \quad (i = 1, 2)$$

f_{d1} の決定 → $V = \frac{f_{d1} \cdot C}{2 \cdot f_i \cdot \cos(EL)}$

$\theta_1(i=1,2)$ の決定 → $R = \frac{(\theta_1 - \theta_2) \cdot C}{4\pi(f_2 - f_1)}$

ドップラー信号のスペクトル解析

流速計算結果(FFTによる結果)

水位計算結果(位相差による結果)

計測値の比較(縦断観測)

計測距離をパラメータとしたデータ取得計画図

ADOP比較計測1

センサーからターゲットまでの水平距離291m

センサーからターゲットまでの水平距離40.8m

センサーからターゲットまでの水平距離13.5m

電波式流速水位計設置位置

計測値(3分の平均値)の比較

流速[m/s]

水位[m]

センサーからの計測距離 [m]

実装例(姫川山本観測所)

Webカメラ

超音波風向風速計

電源BOX

設置高度T.P.73.67m

45°

18.14m

12.83m

12.83m

山本観測所零点高 T.P.63.04m

既設電波流速計

既設超音波水位計

センサー部ビデオカメラ

右岸(局舎近く)から撮影

観測結果(姫川山本観測所)

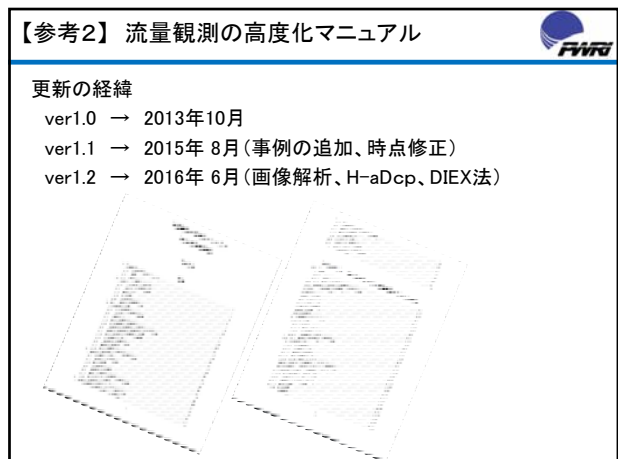
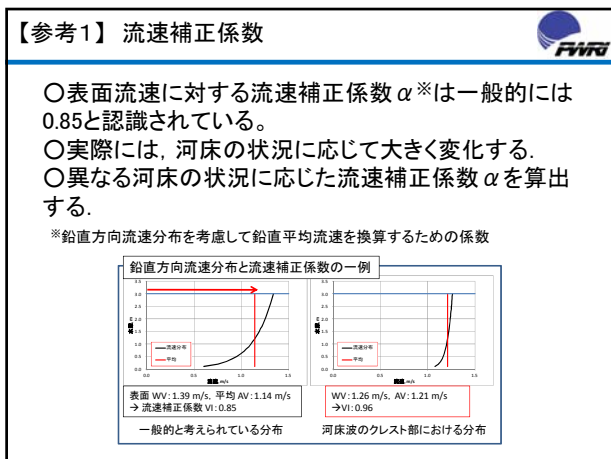
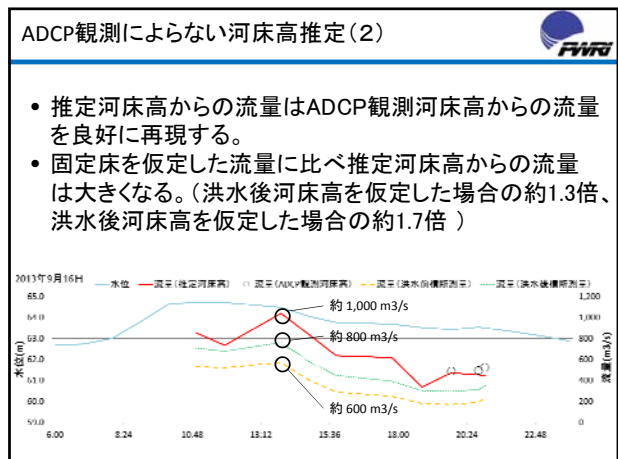
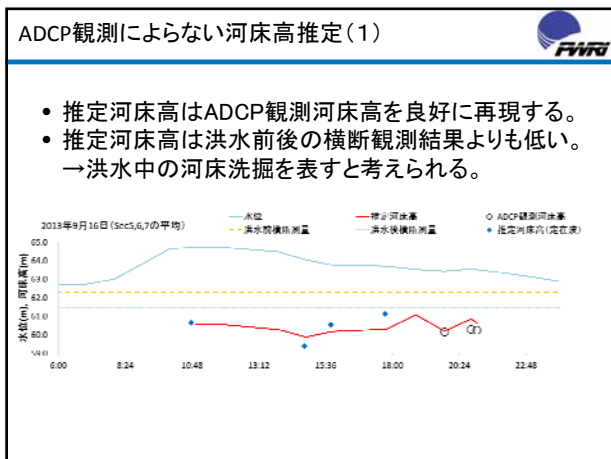
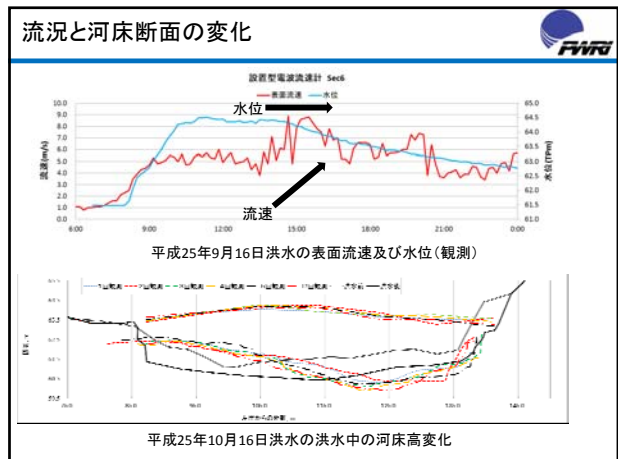
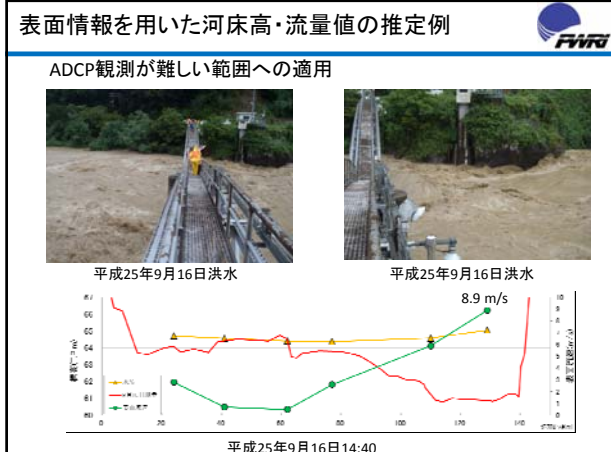
2015年10月1日～10月5日 水位データ

テレメータ水位

水防門付観測水位

電波式水位計観測水位

テレメータ水位...国交省HP「川の防災情報」テレメータ水位(1時間毎)データを使用。



【参考3】 土木研究所水文チームの技術支援



	地整	事務所	内容
H27年度 実績	北陸地方整備局	信濃川下流	H-ADCPの実装方法の検討
	北陸地方整備局	信濃川下流	遠赤外線カメラを用いた流量観測手法の検討
	北陸地方整備局	高田河川	姫川山本における流量観測の高度化
	関東地方整備局	利根川上流	利根川八斗島における流量観測の高度化
	中部地方整備局		流量観測高度化検討会 委員
	四国地方整備局	徳島河川	吉野川岩津狭窄部における洪水時の河床変動に関する研究会 委員
	九州地方整備局		CCTVカメラを活用した水位・流量観測手法の検討
H28年度 新規予定	中部地方整備局	静岡河川	安部川における流量観測高度化
	近畿地方整備局	淀川河川	淀川枚方観測所における流量観測高度化