

表面流速の時間変化と水位-流量の関係に着目した STIV解析における風の影響評価



- 西尾 和馬 (岐阜大学)
- 吉村 英人 (岐阜大学)
- 大森 嘉郎 (中電技術コンサルタント)
- 藤田 一郎 (建設工学研究所)
- 篠田 成郎 (岐阜大学)

非接触型手法を用いた河川高水流量観測の実装が進展

- 2023年3月, 「非接触型流速計測法の手引き(案)」¹⁾公開

風による流量推定精度の低下

- 非接触型手法は河川表面の移流を追跡し, 表面流速を計測
- 風の影響を受けて表面流速が増減, 推定精度が低下
- 手引き¹⁾では風補正式を用いて補正

風補正式

- $$v_s^{cor} = v_s - \alpha U \cos \theta$$

v_s^{cor} : 補正後の表面流速
 v_s : 計測された表面流速
 α : 風補正係数
 U : 観測風速の1分間平均値
 θ : 流下方向と風向の角度

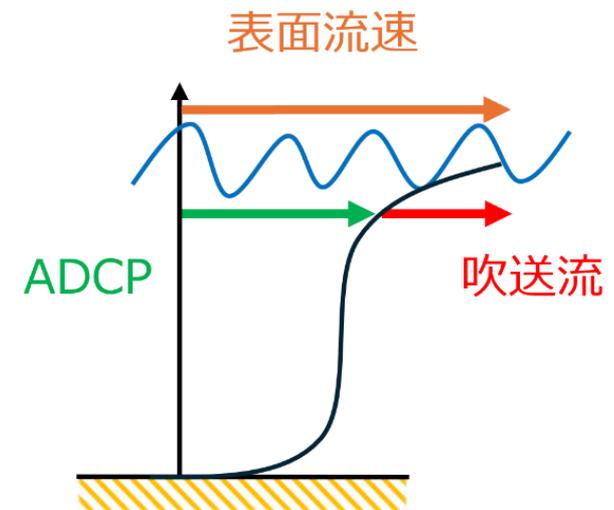
- 風の影響は吹送流によるものとの仮定から, 水表面10 m高さに換算した風速を用いることが推奨

風の影響の評価の現状

- 風補正係数 α は暫定的に3~5%としている
 - 既往研究により実河川で得られた値は4~11%とばらつきが大きい
- ⇒ 風波の影響や風速の計測場所，水理条件の違いがばらつきの要因と推察
- ⇒ 一様な風補正係数を定めることは困難であり，観測環境ごとの評価が必要

既往研究での評価方法の課題

- ADCPの最表面流速を，無風時の表面流速とみなして評価
- ⇒ 同時計測が必要なため，様々な条件でのデータ収集が困難
- ⇒ ADCPを無風時の表面流速とする妥当性も不確か



既往研究の風の影響評価

風の影響を計測に付随する誤差と捉える

- ⇒ ADCPではなく、無風時に非接触型手法で得られる表面流速を基準としたほうがよい
- 風の影響があるなら、無風時と風作用時では有意な差が生じる
 - 同時計測が不要なため、様々な条件におけるデータ収集も容易

本研究の目的と内容

STIVにおける風の影響を、ADCPを用いずに、STIVによる表面流速と風向・風速データのみを用いて評価する

- 風速変化時の連続観測データを用いて、表面流速への風の影響を確認
- 様々な条件下でのデータから、水位-流量曲線を用いて風の影響を評価

観測地点

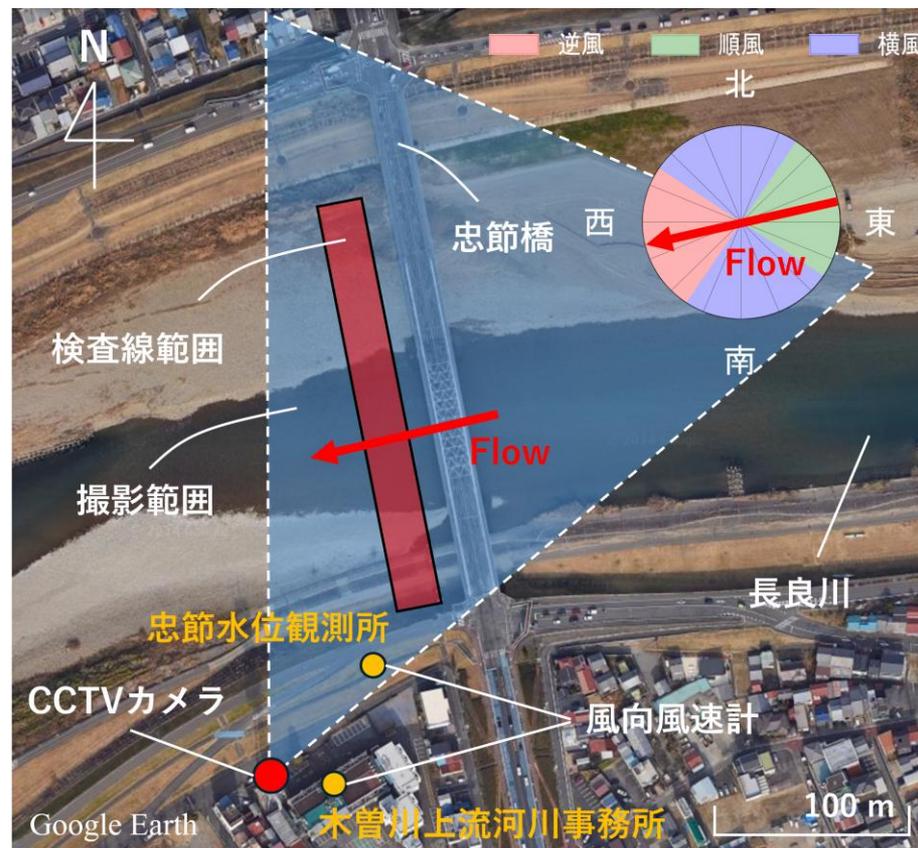
- 木曽川水系長良川の岐阜市忠節橋下流

観測期間

- 2023年7月19日～2024年5月29日

観測内容

- 河川表面の動画
 - CCTVカメラ
(1920×1080 pixel, 30 Hz)
 - 木曽川上流河川事務所鉄塔
- 河川水位
 - 水文水質データベース (10分間隔)
 - 0点 (T.P.12.56 m) 基準水位 H として用いる
- 風向・風速
 - 風向風速計
(Onset社製S-WCF-M003, 1 Hz)
 - 事務所屋上
(設置高さ : T.P. 29.56 m)

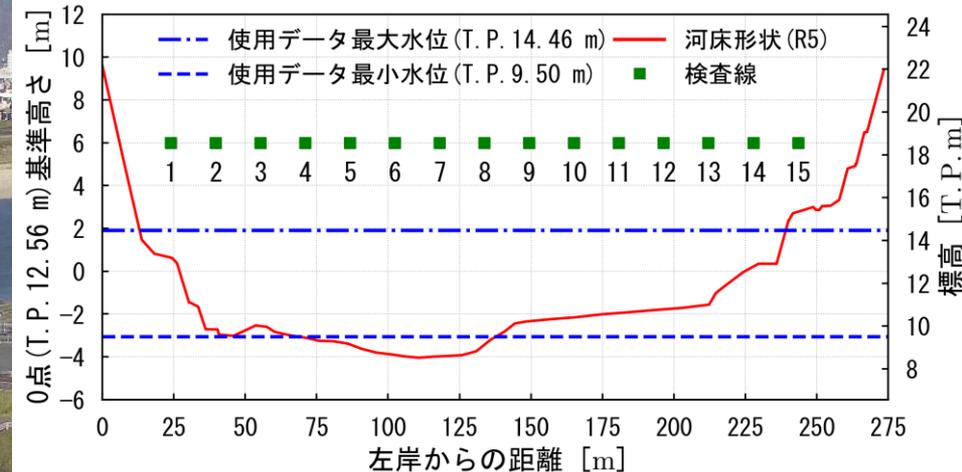


STIVの検査線の設定

- 流下方向に30 m
- 左岸側から15 m間隔で15本設定



撮影画像



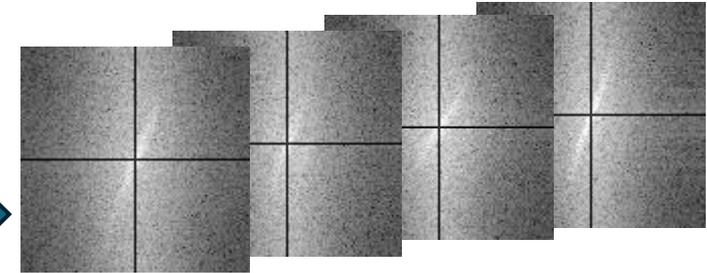
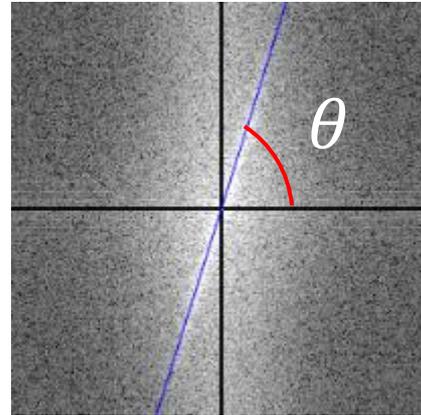
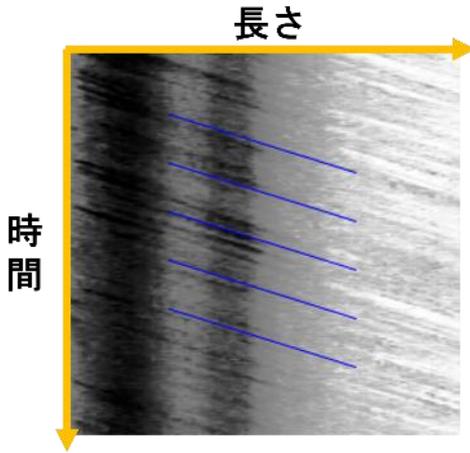
河道横断面図と検査線位置

STIVによる画像解析の流れ

移流成分が縞模様で
現れる

移流成分に対応する
ピークから勾配推定

勾配推定により
表面流速の算出

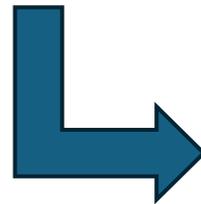


ディープラーニング法

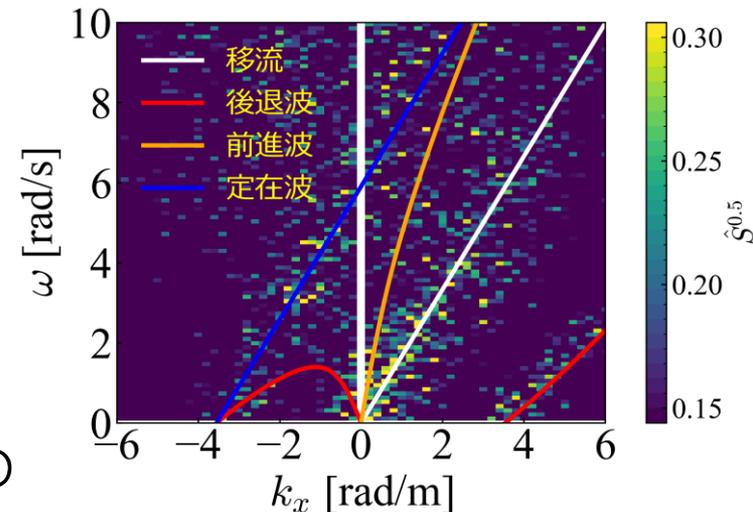
時空間画像 (STI)

フーリエ変換画像

実スケール換算
分散関係を挿入



移流成分と
波動成分(風波)の
対応を確認



波数-周波数スペクトル

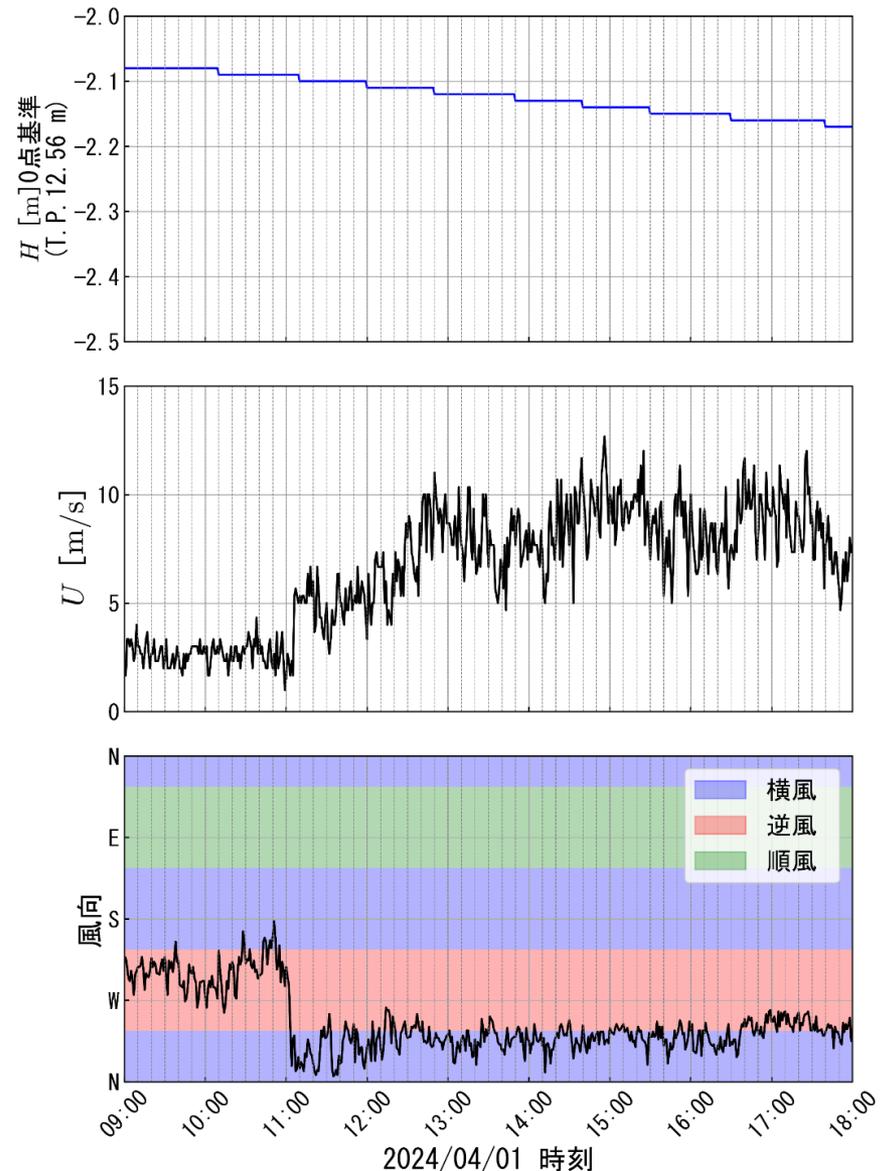
表面流速の時間変化による評価

目的・内容

- 風作用時と無風時の表面流速に有意な差が生じ得るのかを確認
- 風速の時間的増大とそれともなう表面流速の応答を調べる

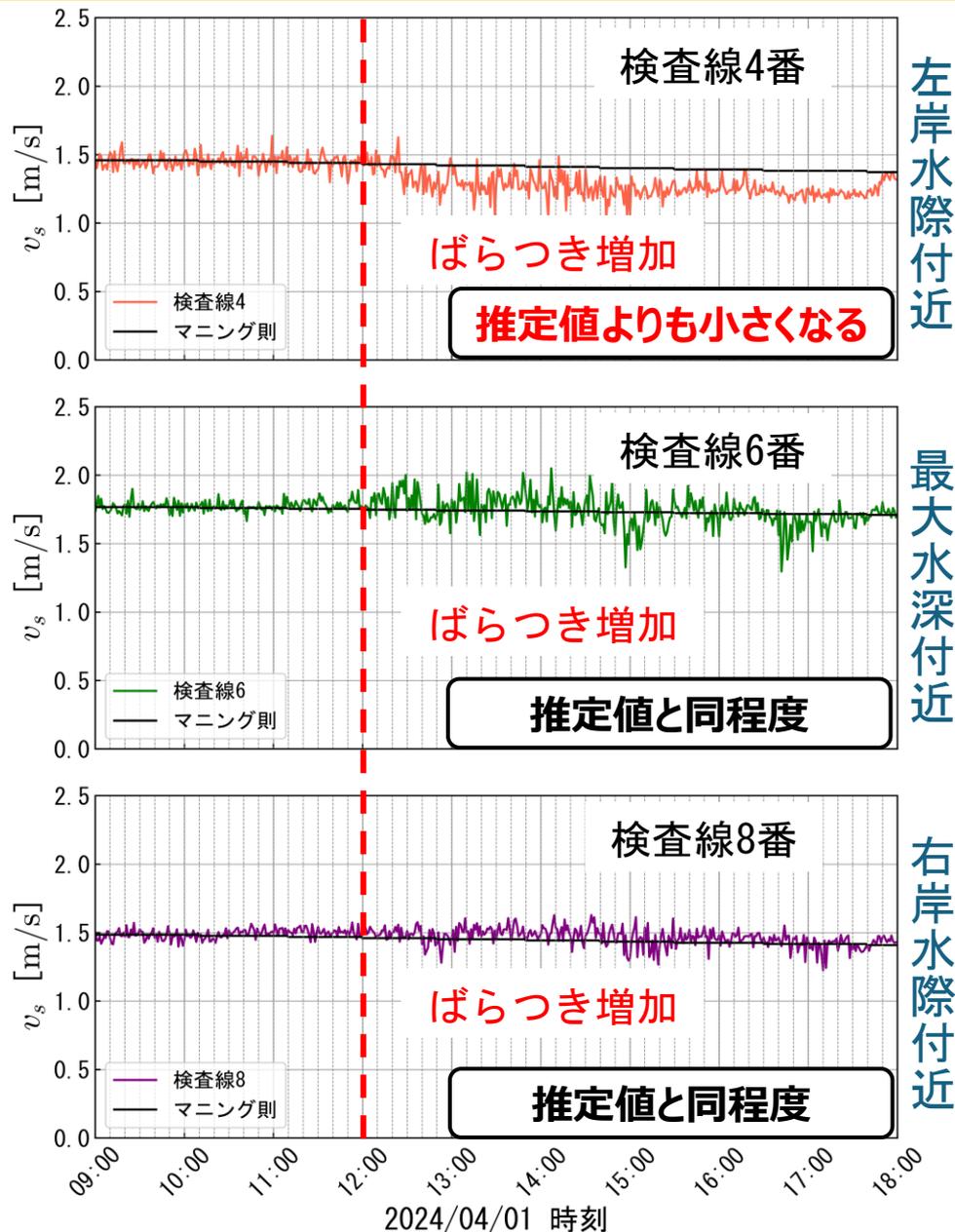
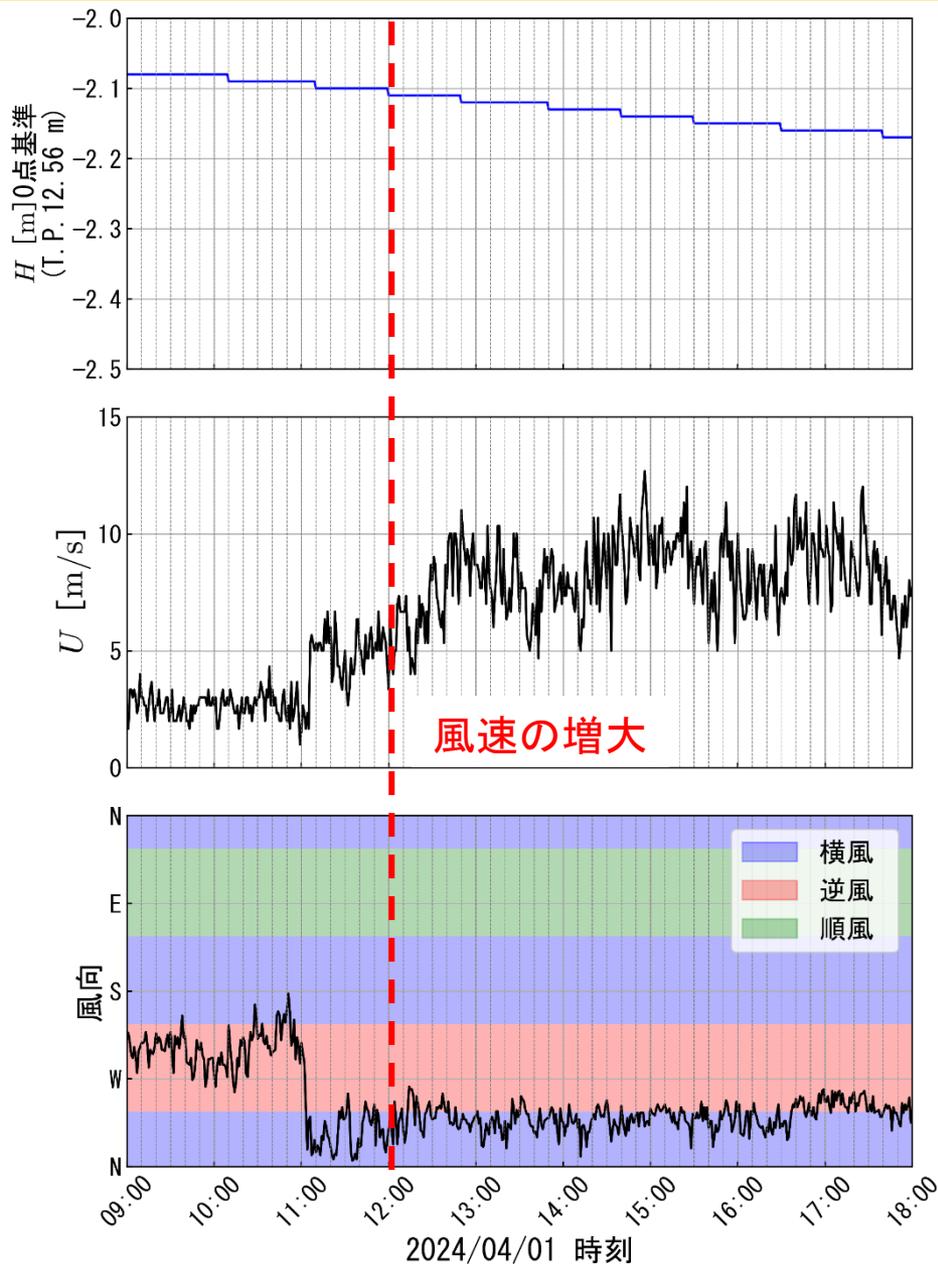
使用するデータ

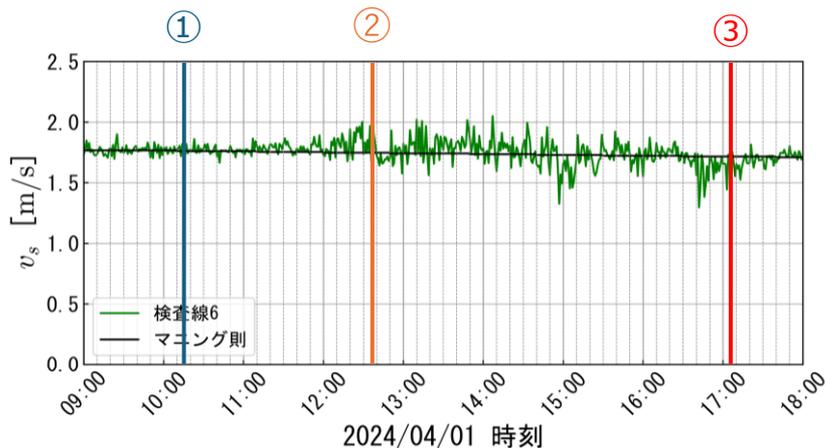
- 2024年4月1日 9:00~18:00
- 水位：低水時（緩やかに低下）
- 風速：午前から午後にかけて増大
- 風向：概ね逆風
- 検査線4番から9番上で水が流れる



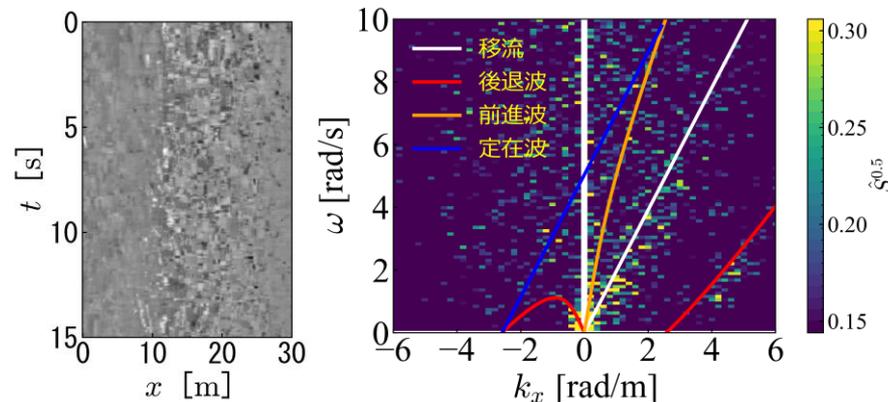
動画の水位と風向・風速の関係（1分間平均）

表面流速の時間変化

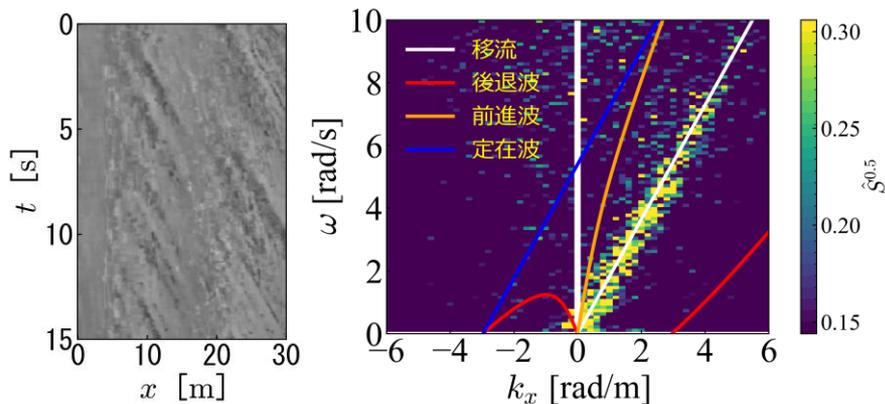




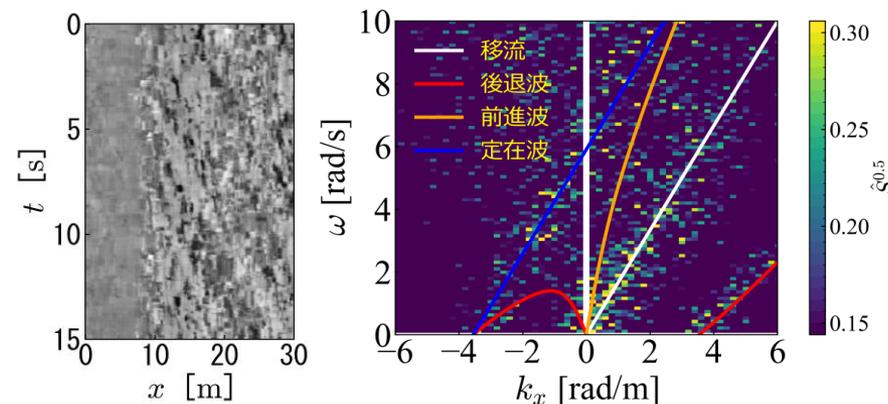
② 12:37~12:38 ($U = 6.68$ m/s)



① 10:14~10:15 ($U = 2.34$ m/s)



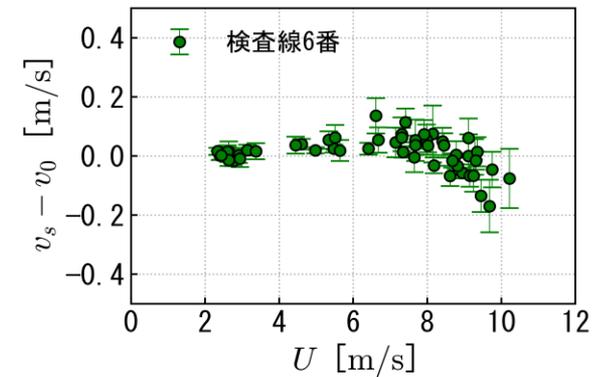
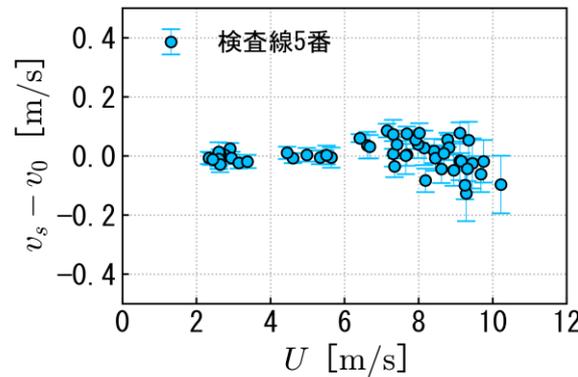
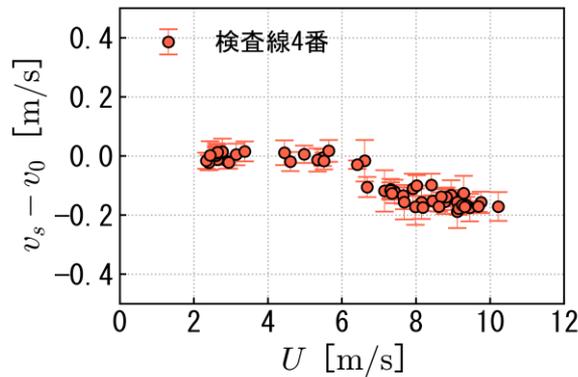
③ 17:08~17:09 ($U = 10.02$ m/s)



移流成分に対応するピークが
明瞭に現れる

移流成分のピークが不明瞭となる
定在波と後退波にピークが現れる
⇒ばらつきの要因

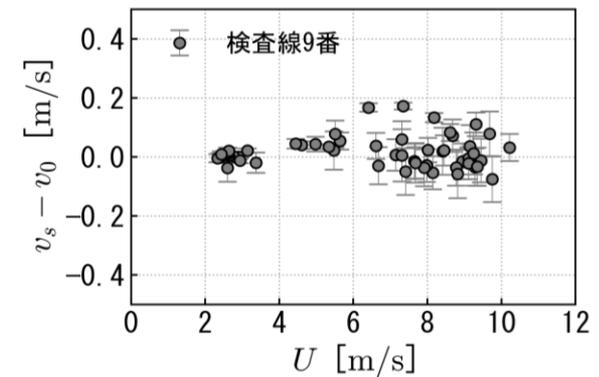
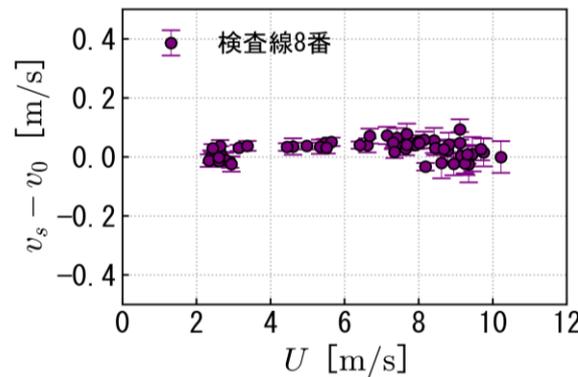
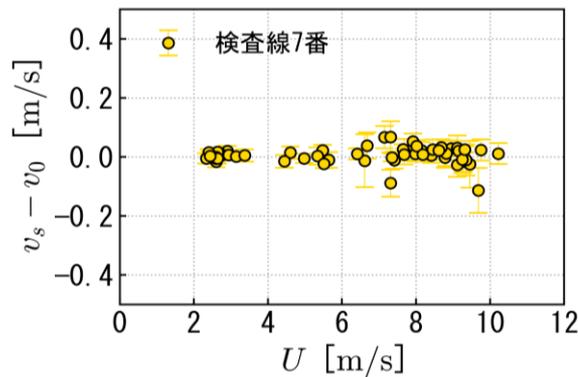
風により生じる表面流速のバイアス



左岸水際



最大水深付近



最大水深付近



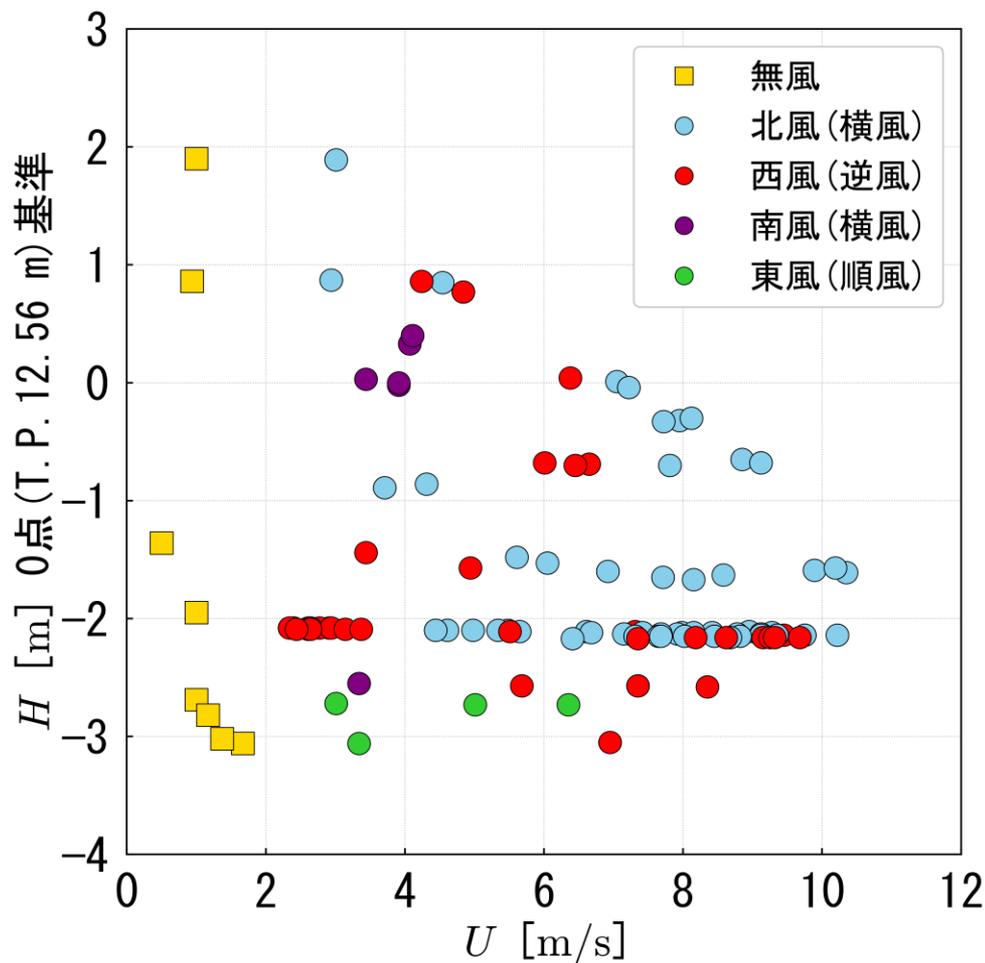
右岸水際

- 最大でも -0.2 m/s程度（風速の2%相当）の変化
 - 従来¹⁾の知見(3%~5%, 4%~11%)よりも風の影響は小さい
- 左岸側でバイアスが大きい
 - 風下となる左岸側の吹き寄せが強くなったことが要因であると推察

目的・内容

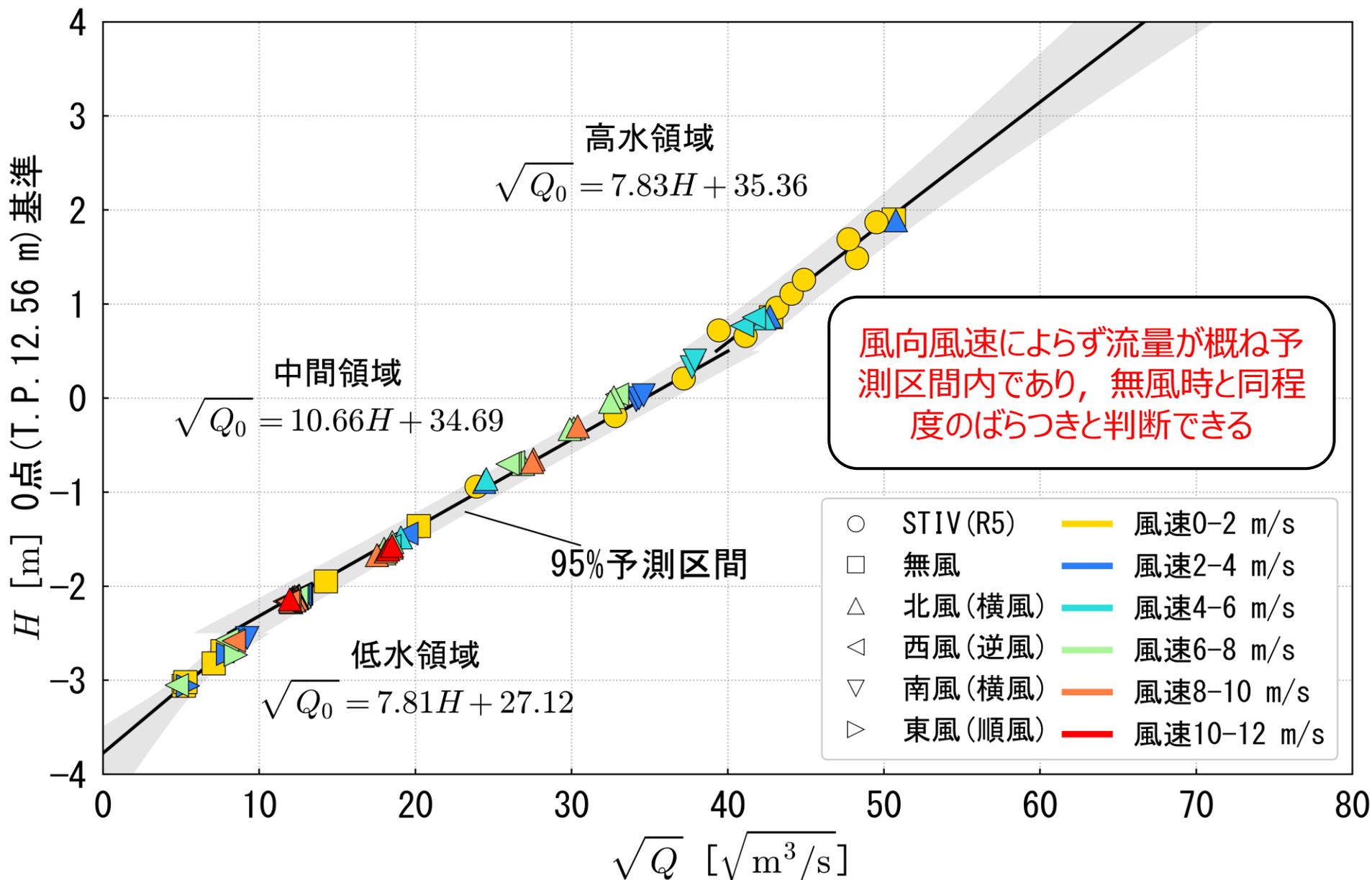
- 風作用時の流量が無風時の流量に対して有意な差があるのかを確認
- 様々な水位, 風向・風速での動画から水位-流量曲線に基づいて評価

風況	データ数
無風 (風速2 m/s未満)	8
横風	59
逆風	35
順風	4

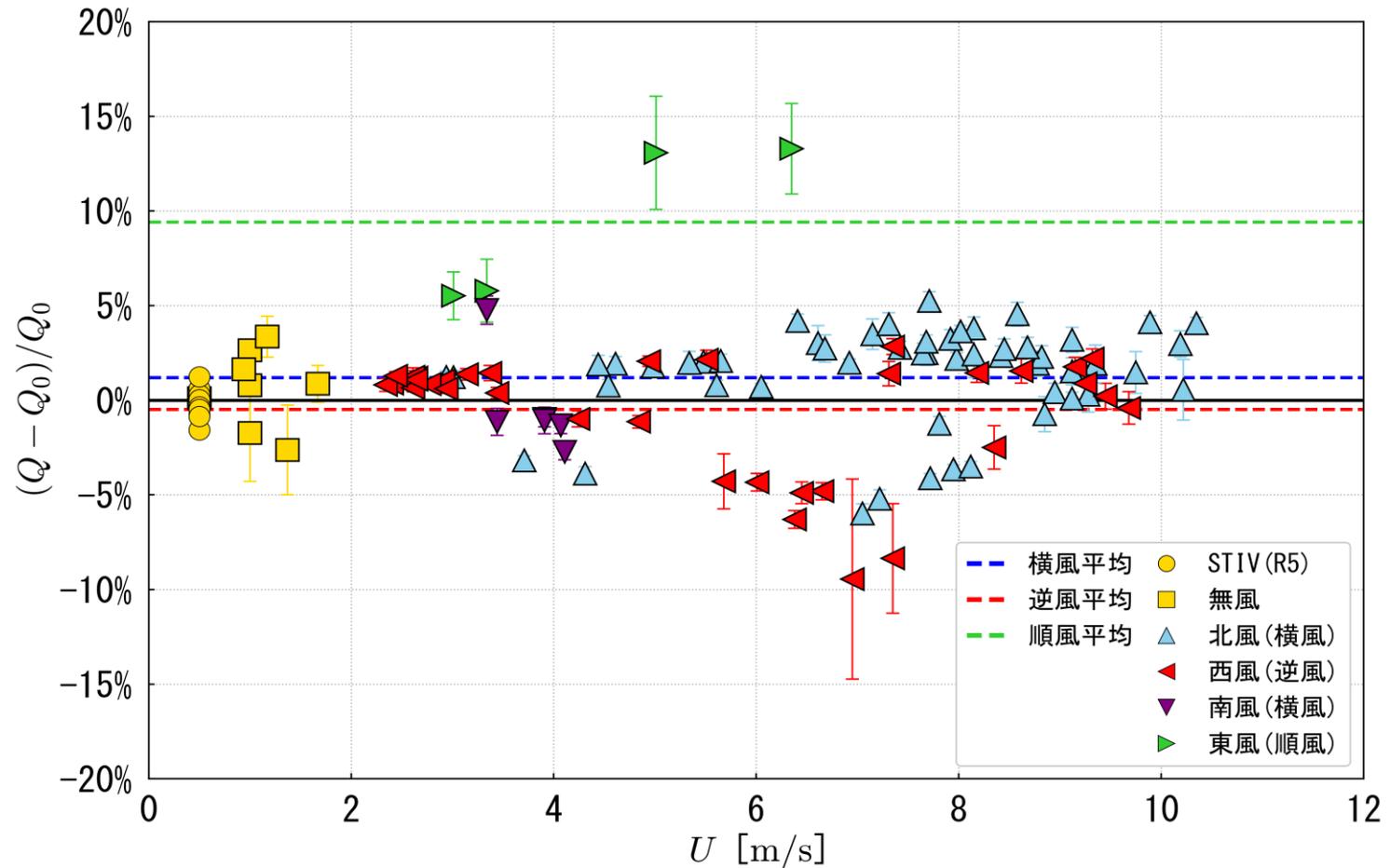


取得した動画の水位と風向・風速の関係

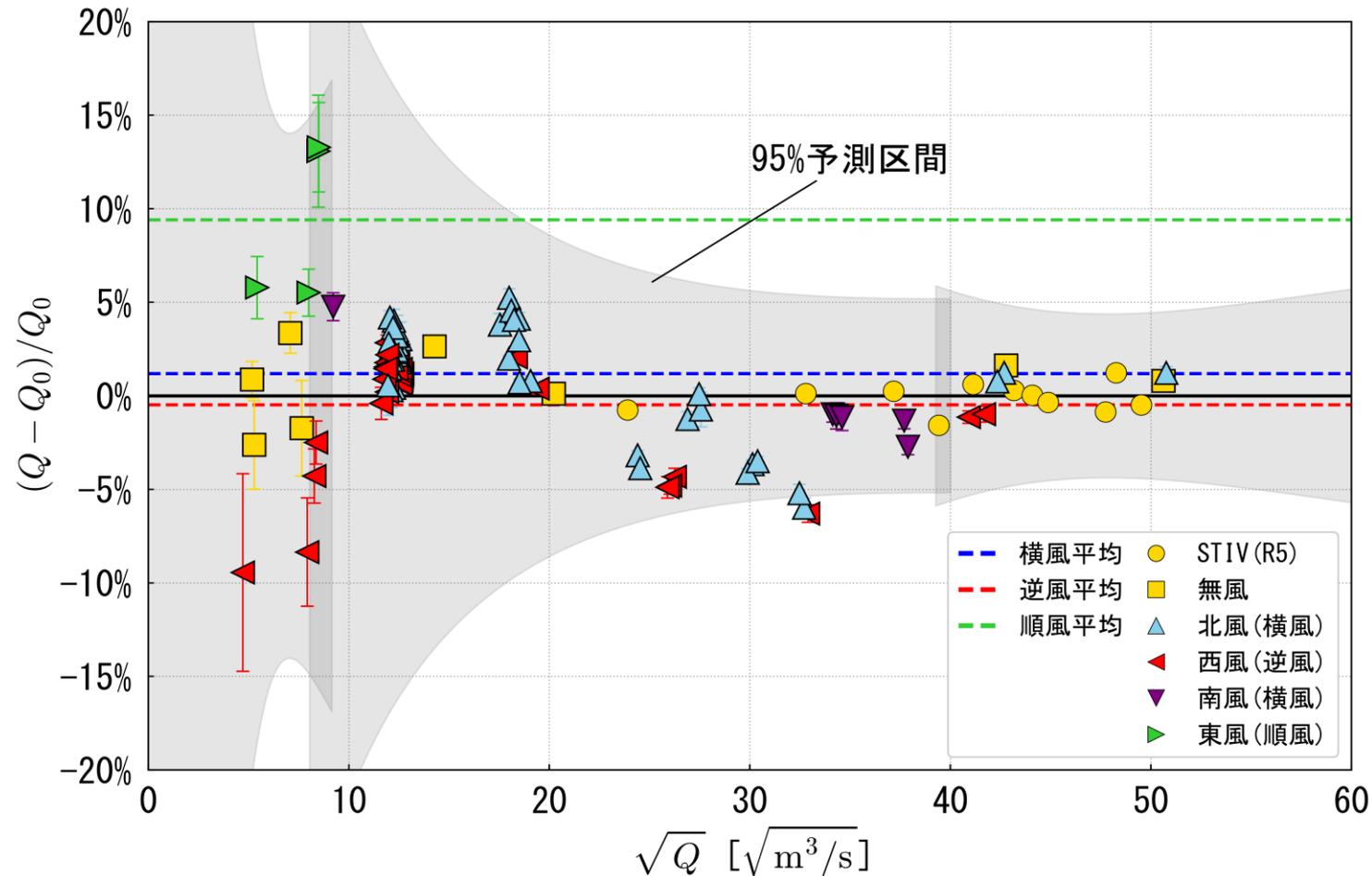
水位-流量曲線



無風時と風作用時の流量の差



- 横風と逆風の相対差は風速の大きさに依らず概ね±5%の範囲で**無風時と同程度のばらつき**
- 相対差の平均値（流量のバイアス）も横風で+1.2%，逆風で-0.5%で**風の影響としては小さい**



- 流量規模が大きいほど風の影響は小さい
- 低水領域での順風・逆風は相対差が大きいですが、予測区間内のため、ばらつきと考えることもできる
- 順風でのバイアスも大きいですが、全領域も含めると横風・逆風と同程度と推察

STIVにおける風の影響をSTIVによる表面流速と風向・風速データのみを用いて評価することを提案した

本研究で示した評価方法の利点

- ADCPとの同時計測が不要である.
- 風の影響は計測のばらつき・バイアスとの考えから、必ずしも吹送流との関連性は必要なく、水表面10 m高さではなく任意高さの風向・風速を用いてよい.
- 非接触型手法は常時設置・計測が可能であり、データ収集が行いやすいため、本評価方法との親和性が高い.

評価結果

- 風速の増大にともないばらつきが大きくなるとともに、一定のバイアスが生じる
- 本観測地点では風作用時の流量のばらつきは無風時の流量のばらつきの範囲内であり、少なくとも横風・逆風におけるバイアスは小さい

今後の発展

- 他地点への適用や電波流速計を用いた場合の評価