

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

○ 柏田仁 (パシフィックコンサルタンツ(株)), 二瓶泰雄 (東京理科大学), 高島英二郎 (国土省 関東地方整備局 江戸川河川事務所), 山崎裕介, 市山誠 (パシフィックコンサルタンツ(株))

1. 背景と本研究の目的

電波流速計, ADCP, H-ADCP等様々な流速計測技術の発展が著しいが, 断面全体の流速分布を得るための流速内外挿技術の研究事例は少ない。

H-ADCPにより計測される流速横断分布という「線」データを「面」データに内外挿するために力学的内外挿法 (DIEX法) を開発 (二瓶・木水, 2007)。

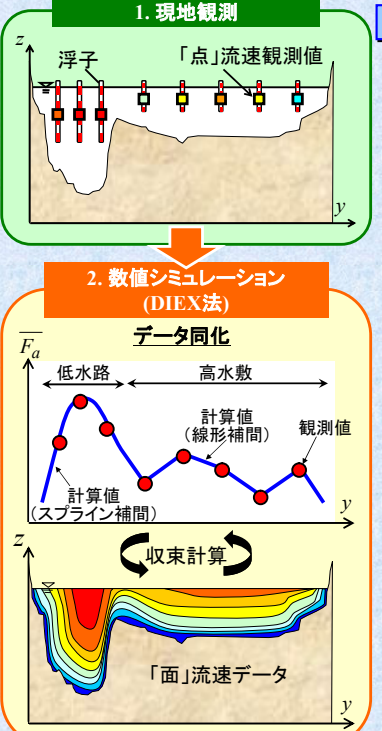
本研究の目的

H-ADCP以外の様々な流速計測技術に対応するために, DIEX法に基づく「点」から「面」流速データ推定法を構築し, その有用性を検証

具体的には

- ① DIEX法に, 浮子や電波流速計等による「点」流速データから「面」データに内外挿するためのデータ同化アルゴリズムを導入。
- ② 台風0709号時の江戸川におけるADCPによる断面流速データから, 模擬的に浮子が計測した時に得られる「点」流速データを作成し, DIEX法と従来法の流速・流量の推定精度を検証。

2. DIEX法に基づく「点」から「面」流速データ推定手法の構築



DIEX法 (Dynamic Interpolation and EXtrapolation method) の概要

三次元運動方程式

$$\frac{Du}{Dt} = gI + \frac{\partial}{\partial x} \left(A_H \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(A_H \frac{\partial u}{\partial y} \right) + \frac{1}{D^2} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(A_V \frac{\partial u}{\partial \sigma} \right)$$

基礎方程式

$$Fa + gI + \frac{\partial}{\partial y} \left(A_H \frac{\partial u}{\partial y} \right) + \frac{1}{D^2} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(A_V \frac{\partial u}{\partial \sigma} \right) = 0 \quad \dots \textcircled{1}$$

基礎方程式 (水深平均)

$$\overline{Fa} + gI + \frac{\partial}{\partial y} \left(\overline{A_H} \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} \right) - \left(\frac{C_f}{D} + \frac{aC_b}{2} \right) \bar{u} = 0 \quad \dots \textcircled{1'}$$

x, y, σ : 主流, 横断, 鉛直方向 u : x 方向の流速 D : 水深
 I : 水位勾配 A_H : 水平渦動粘性係数 A_V : 鉛直渦動粘性係数

DIEX法を「点」流速データに対応させるためにデータ同化アルゴリズムを改良

- ① 同化データの鉛直高さを「点」流速データの計測位置に変更
- ② 低水路には3次スプライン補間, 高水数には線形補間*を施す

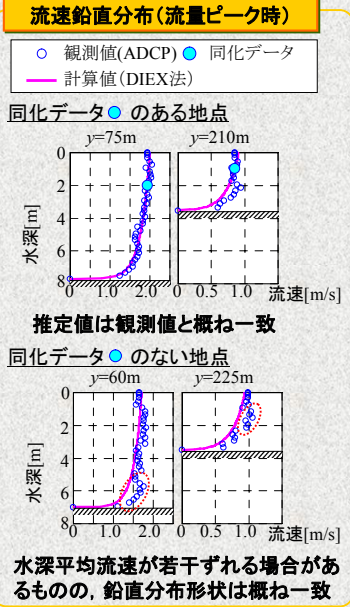
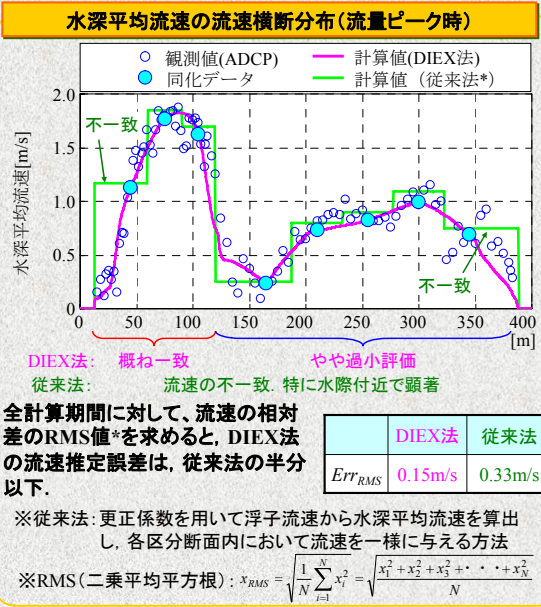
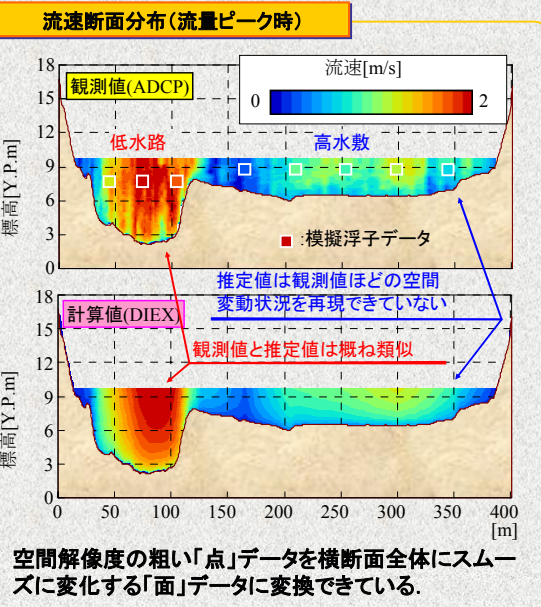
*高水数では低水路と比べて観測データの横断間隔が極めて粗く, かつ, 植生の繁茂状況により流速横断構造が複雑に変化しているため

4. 結果と考察

DIEX法に基づく「点」から「面」流速データ推定法の流速・流量推定精度を把握する。

- ① Referenceケース (低水路3本, 高水数5本) を対象に, 流速の推定精度を詳細に検討
- ② Referenceケース (低水路3本, 高水数5本) を対象に, 流量の推定精度を詳細に検討
- ③ 浮子投下本数を変化させ (低水路4ケース × 高水数4ケース = 全16ケース), 浮子流速データの空間解像度の影響を検討

4-① Referenceケースの流速推定結果



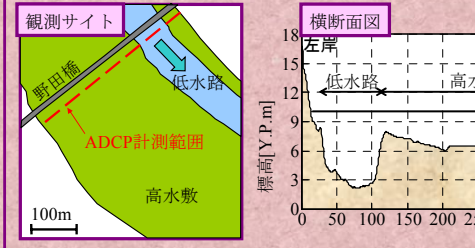
浮子投下本数の検討ケース

		低水路			
		3	4	5	6
高水数	3	緊			
	5		◎		
	8				
	14				標

◎: Referenceケース
緊: 緊急法に相当
標: 標準法に相当

3. 模擬浮子データの作成手順

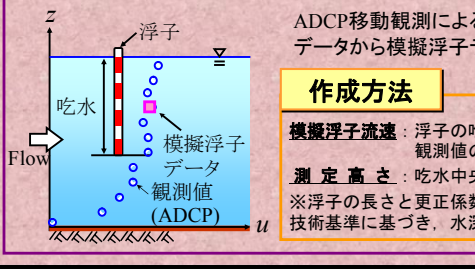
ADCPデータの取得方法



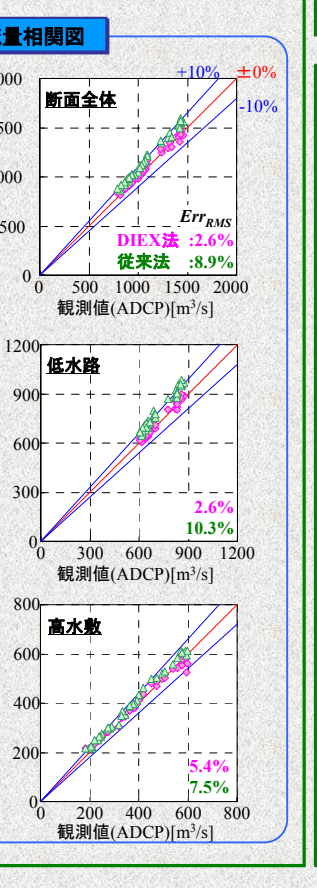
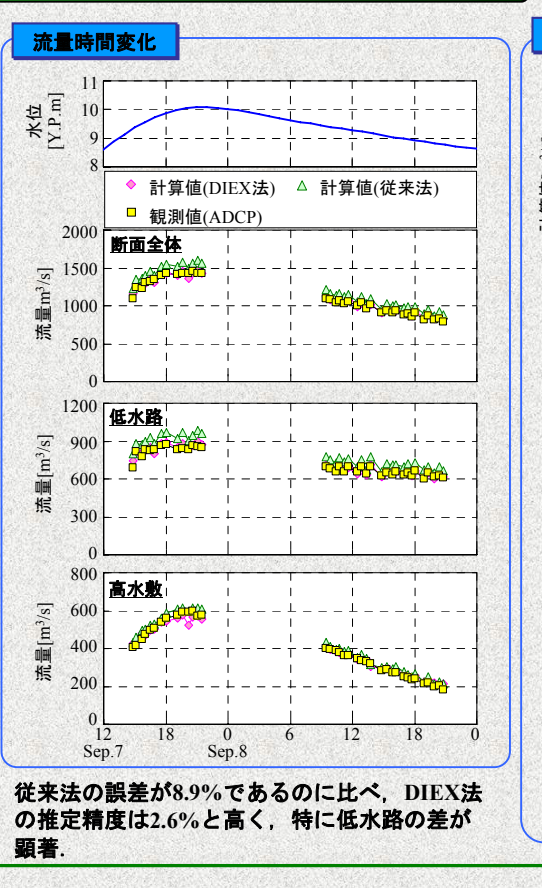
観測内容

ADCP移動観測
観測期間: 2001/9/7~8 (台風0709号出水)
観測地点: 江戸川中流部・野田橋 (河口より39.5km)
測定項目: 断面流速分布, 流量 (データ数n=37)

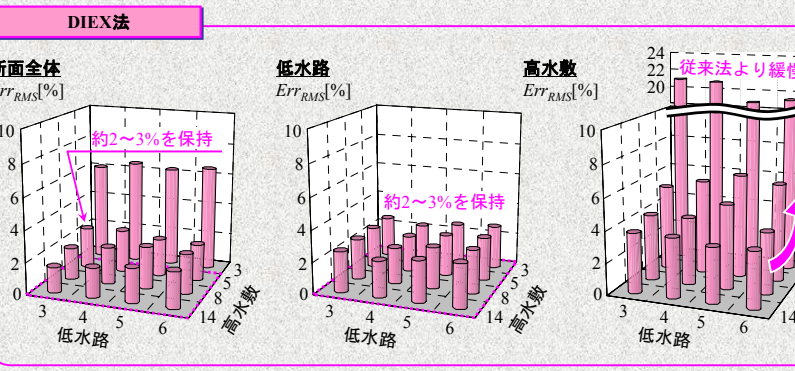
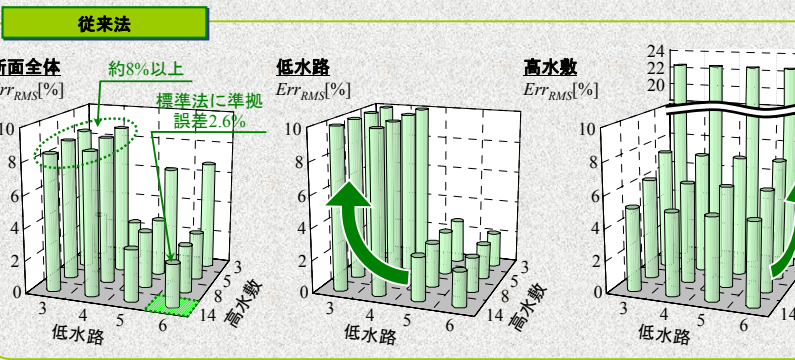
模擬浮子データの作成



4-② Referenceケースの流量推定結果



4-③ 様々な浮子投下本数条件下における流量推定精度



従来法: 浮子本数が少ないと, 低水路の流量推定誤差が大きくなり, 断面全体の流量推定誤差が増大。標準法に準拠した場合は, 流量推定誤差が2.6%と極めて小さい。

DIEX法: 高水数の浮子本数が3本の場合では, 高水数の大きな流量誤差に起因して, 断面全体の誤差が6%強。それを除くと2~3%と流量推定誤差は極めて小さい。

従来法では, 浮子本数が少ないほど流量推定誤差が大きいが, 本手法では, 浮子本数と関係なく流量推定精度が高い。

まとめ

- 1) 「点」から「面」流速データの推定が可能なDIEX法を構築。
- 2) Referenceケースでは, 本手法の流速推定誤差が従来法の半分以下, 流量推定誤差は従来法では8.9%, 本手法では2.6%と大幅に高精度化。
- 3) 従来法では浮子本数が少ないほど流量推定誤差が大きい。本手法では, 高水数の投下本数3本のケースを除き, 浮子投下本数と関係なく流量推定誤差は2~3%と小さい。