

河川流量算出ソフトウェア「DIEX-Flow」技術資料（2016.03版）

# 力学的内外挿法（DIEX法）の特徴と 次世代の河川流量観測における役割

Pacific  
Consultants

Producing  
The Future™

P R O D U C I N G  
T H E F U T U R E

※ 本資料は、東京理科大学による研究成果、および、東京理科大学・パシフィックコンサルタンツらによる共同研究成果を基に、パシフィックコンサルタンツが作成したものです。  
※ DIEX-Flowは、特願2006-222683号「流量算出システム、流量算出プログラム及び流量算出方法」(特許権者：東京理科大学)のライセンスを受けて製作したソフトウェアです。

# 「水」に関するモニタリング



資源

脅威

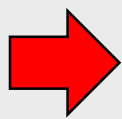


[http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr\\_content/content/000639863.pdf](http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000639863.pdf) より抜粋

水が

- どのような場所に
- どのような状態で
- どのような量で

存在するのか？



健全な国土の管理、人命・財産の保護に  
必要不可欠な情報

# 水文モニタリング技術の進展

降雨量

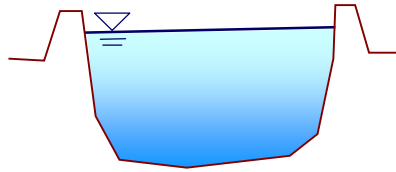
[mm/hr]



レーダー観測技術の進展  
⇒高精度化・高解像化

水位

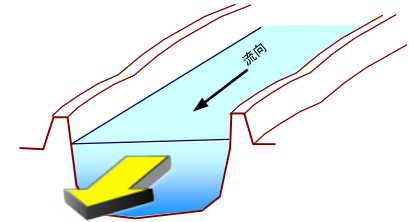
[m]



小型・低廉化  
⇒局舎が不要に

河川流量

[m<sup>3</sup>/s]



浮子測法を踏襲



確定・公開まで  
時間を要する

リアルタイムで情報公開

# 河川流量とは

様々な構造物・施設設計（堤防・ダムなど）、  
計算モデル（流況・氾濫・洪水予測・水質など）、  
の**最上位の入力値**

## 高水 流量

洪水時の流量  
時間的に大きく変化（観測チャンスが少ない）  
治水計画に直結

## 低水 流量

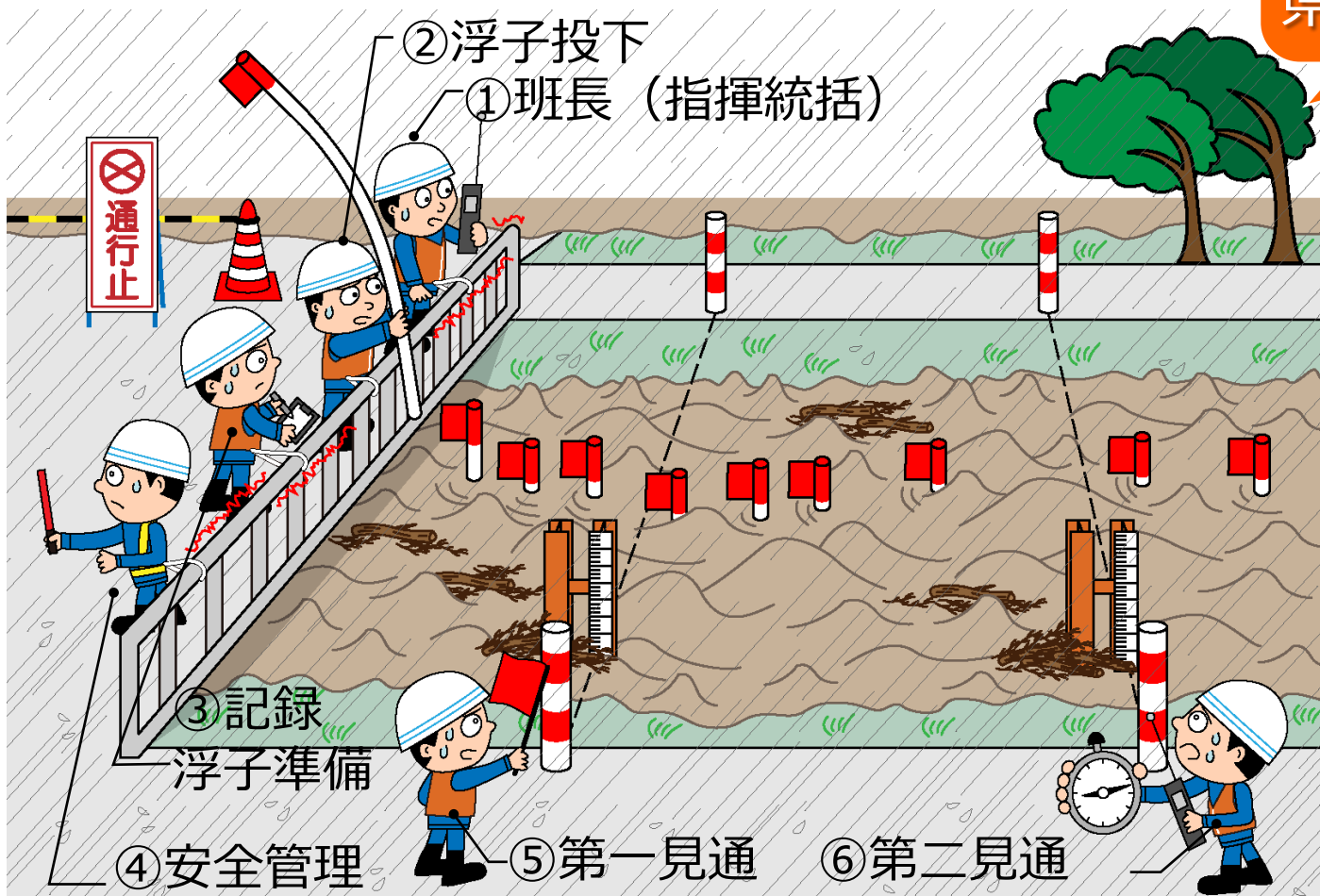
平常時の流量  
時間的変化が少ない（でも、36回／年の観測）  
利水計画に直結

# 浮子測法(現地計測)

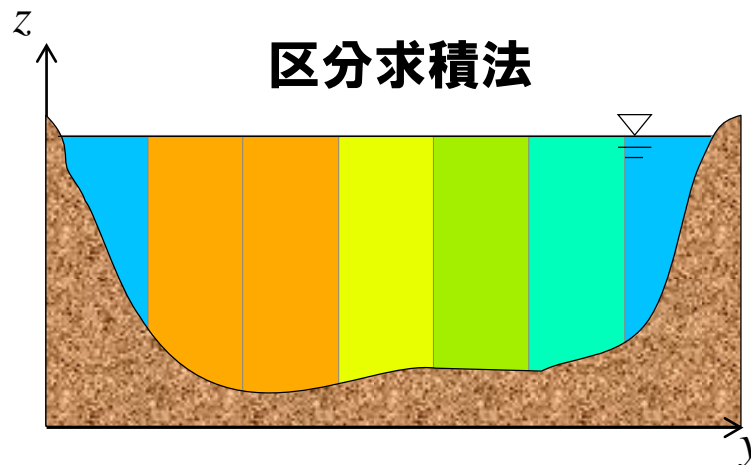
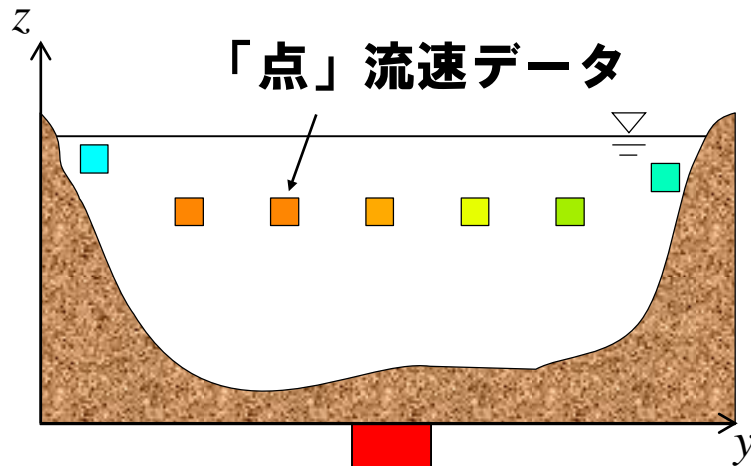
棒状の浮きを使って目視で流速を計測

国管理 **1300**箇所

県管理 **800**箇所



# 浮子測法(流速内外挿)



- ① 修正係数を乗じて、水深平均流速化
- ② 区分断面内に一様に流速を与える

# 浮子測法の課題

## 計測

浮子がまっすぐ流下しない

## 内外挿

更正係数が実現象と不一致

(戦後まもなく、観測機器のない中で設定。実は暫定値！)

区分断面内の流速一様の仮定が不成立

## さらに 近年

特に重要な計画規模・計画超過規模での欠測

(超過洪水の多発化・観測橋梁や見通し地点の冠水)

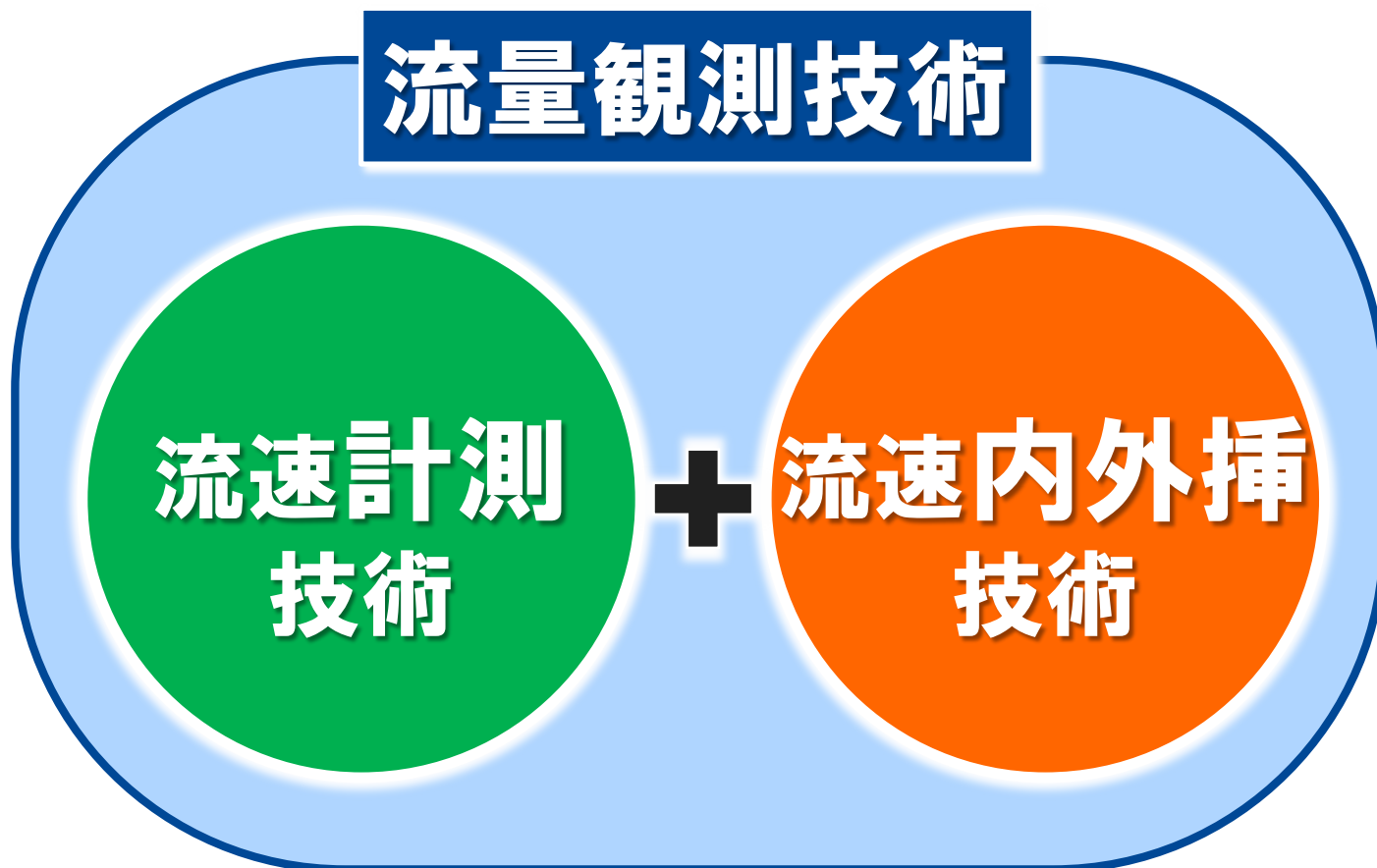
流量観測業者の減少・入札不調の頻発

## 新技術 要件

- ・省力、自動連続(あるいはリアルタイム)
- ・高精度
- ・低コスト
- ・確実、安定

# 課題解決のアプローチ

流量観測の課題解決には、  
流速計測と流速内外挿それぞれの技術開発が必要

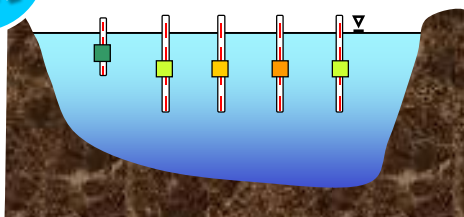




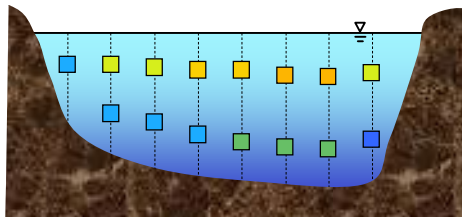
# 新たな流速計測技術

精力的な研究開発により、多くの新技術が実用段階へ。  
しかし、新技術であっても、「流速内外挿」が必須である。

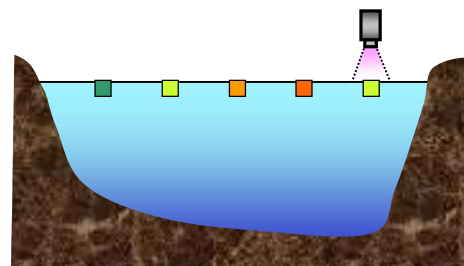
点



浮子

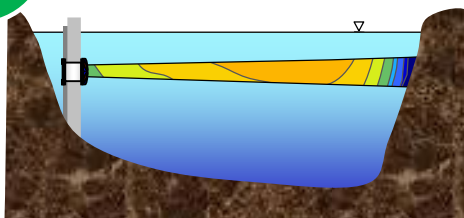


電磁流速計

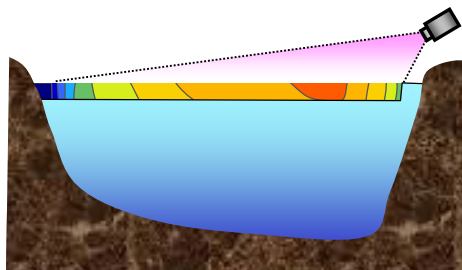


電波流速計

線

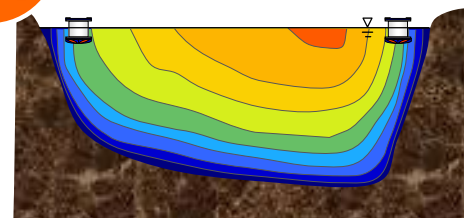


H-ADCP



画像解析

面



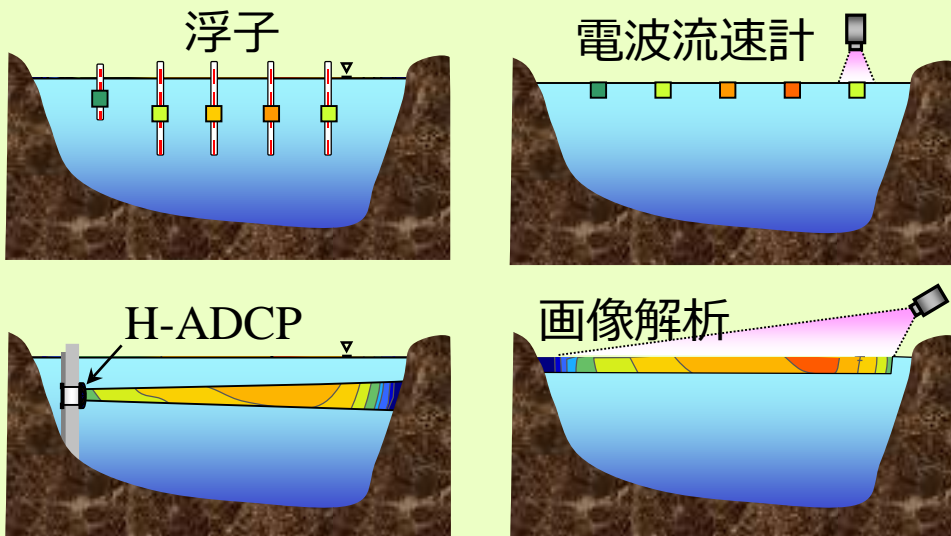
ADCP

# 新たな流速内外挿技術(DIEX法)

Dynamic Interpolation and EXtrapolation method

- 離散的な「点」または「線」流速データから、運動方程式を満足した形で、「面」流速データや流量を算出
- 現地観測データを合理的に取り込めるデータ同化手法を導入

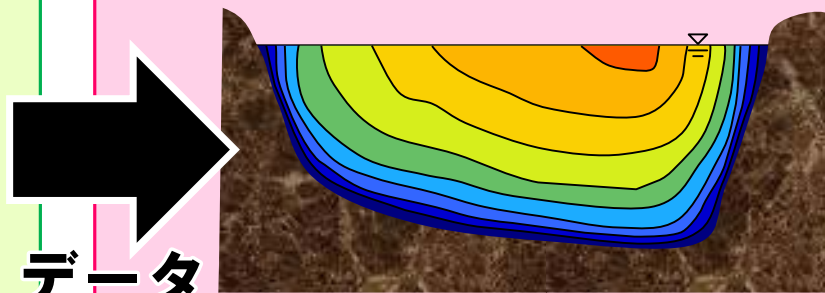
## 流速計測



離散的な「点」・「線」流速データ

東京理科大学・二瓶教授が開発

## 流量算出 (DIEX法)



データ  
同化

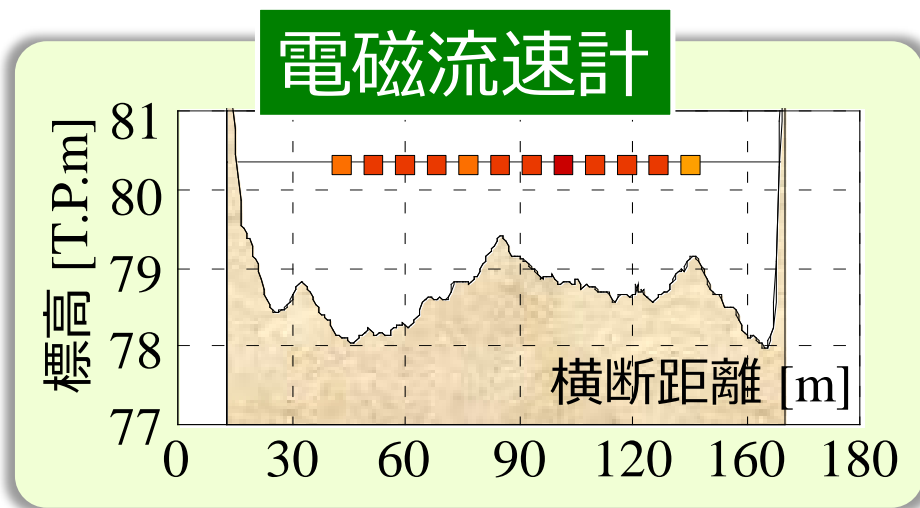
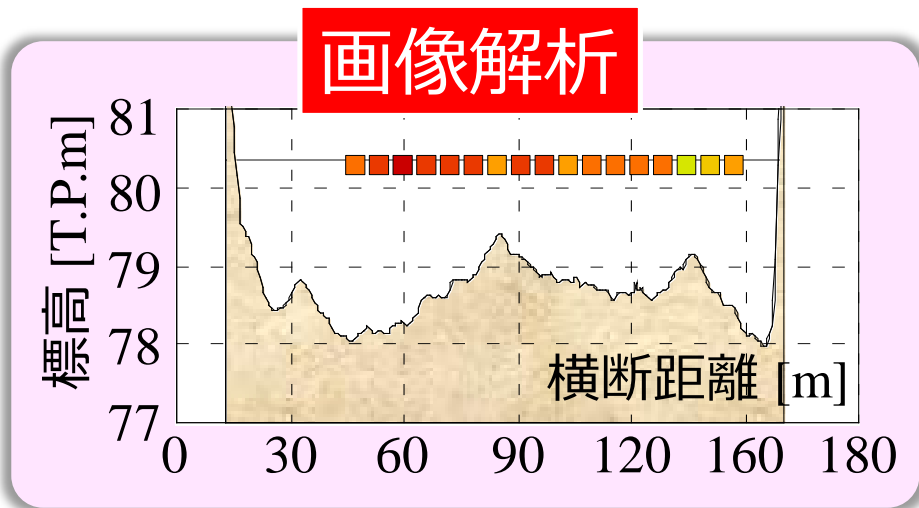
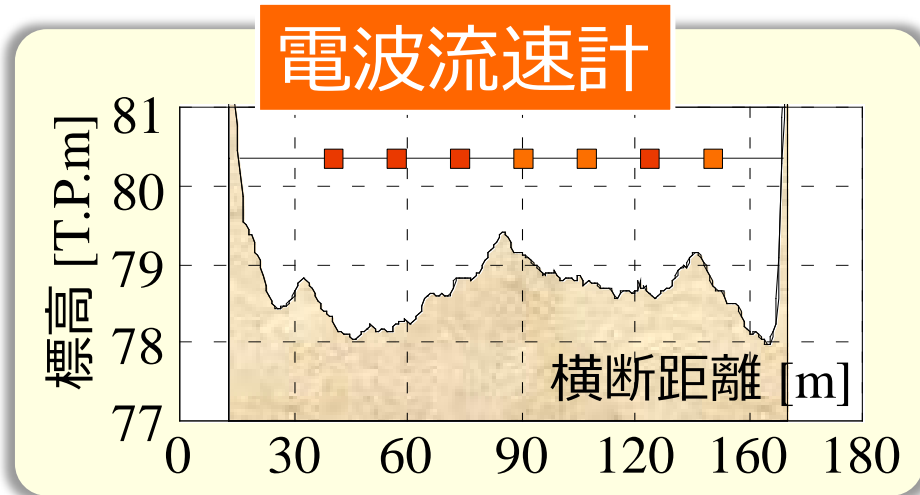
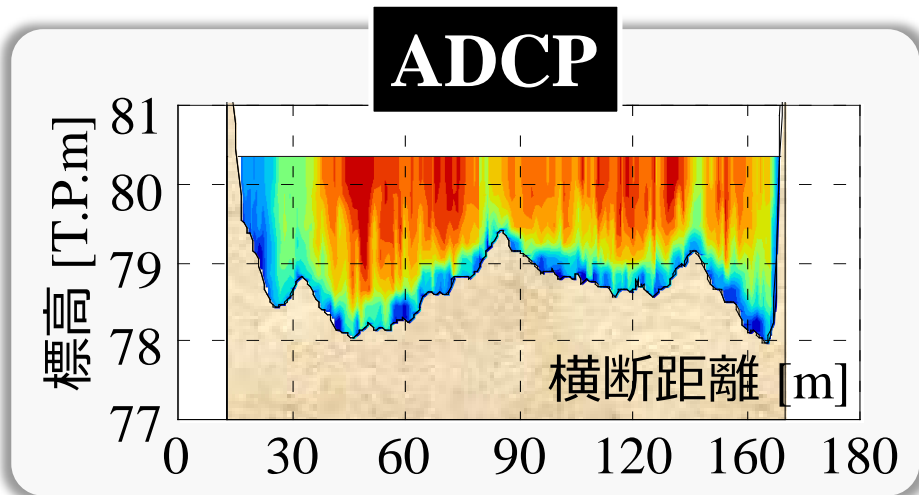
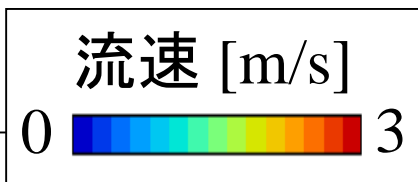
運動方程式を満足する

「面」流速・流量データ

# DIEX法の特徴

# すべての流速計に適用可能

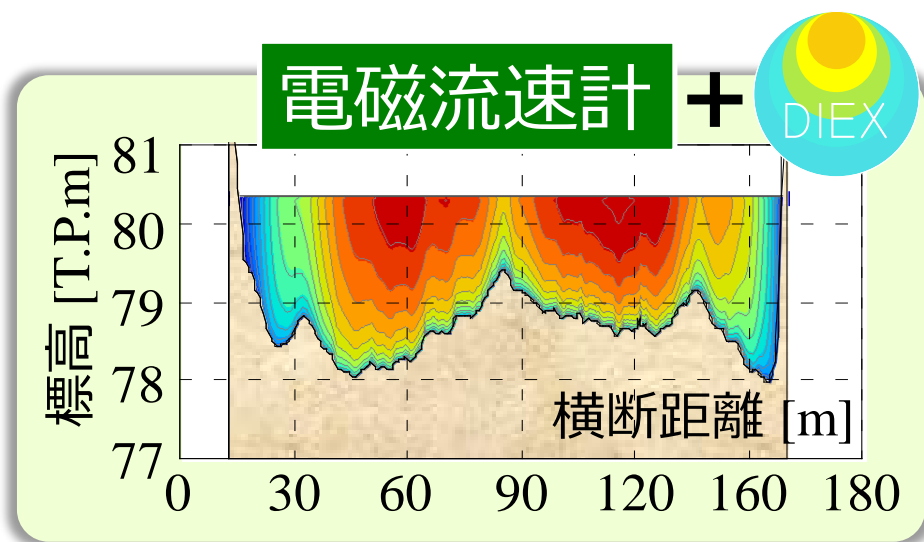
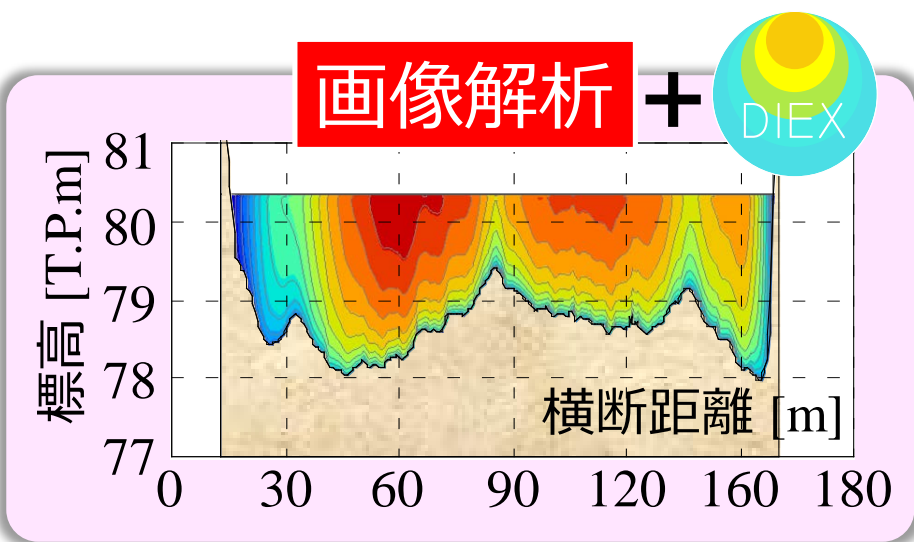
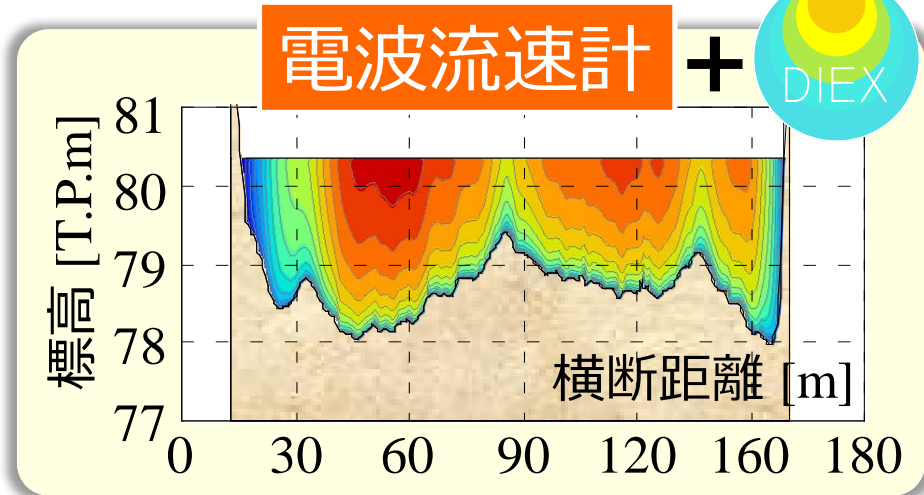
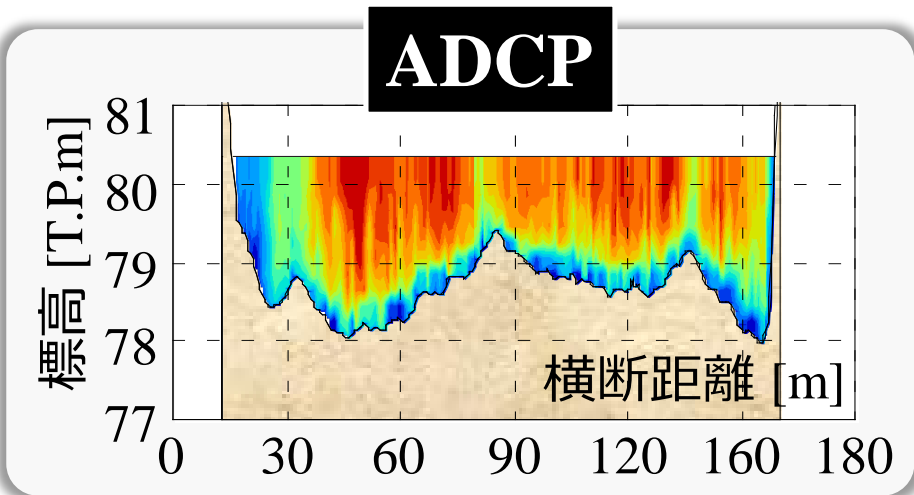
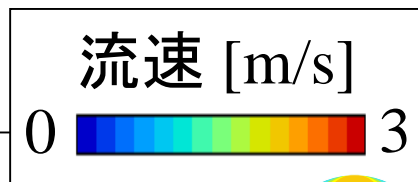
土木学会水工学委員会流量観測高度化研究小委員会による共同研究成果



# DIEX法の特徴

## すべての流速計に適用可能

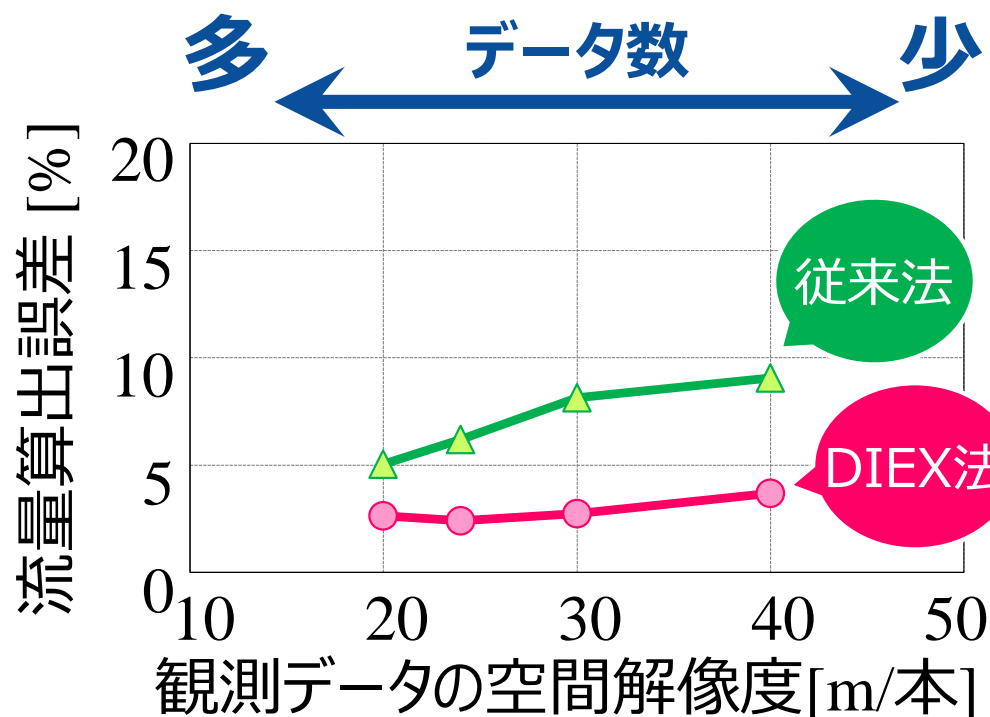
土木学会水工学委員会流量観測高度化研究小委員会による共同研究成果



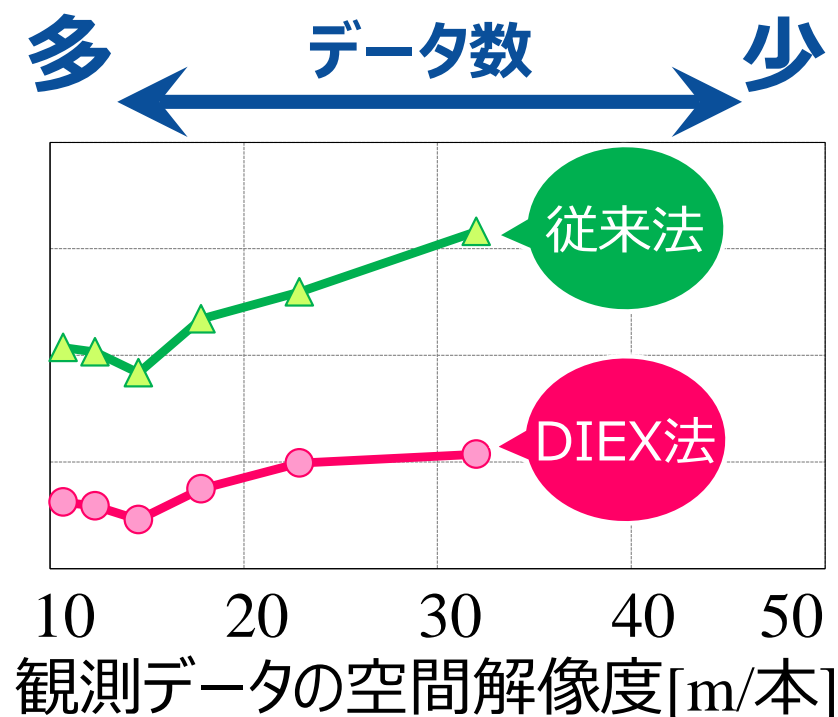
## 少ない観測データでも高精度

パシフィックコンサルタンツ・東京理科大学の共同研究成果

運動方程式に基づいた流速内外挿を行うため、少ない観測データであっても、高精度の流量算出が可能



(a) 江戸川の場合



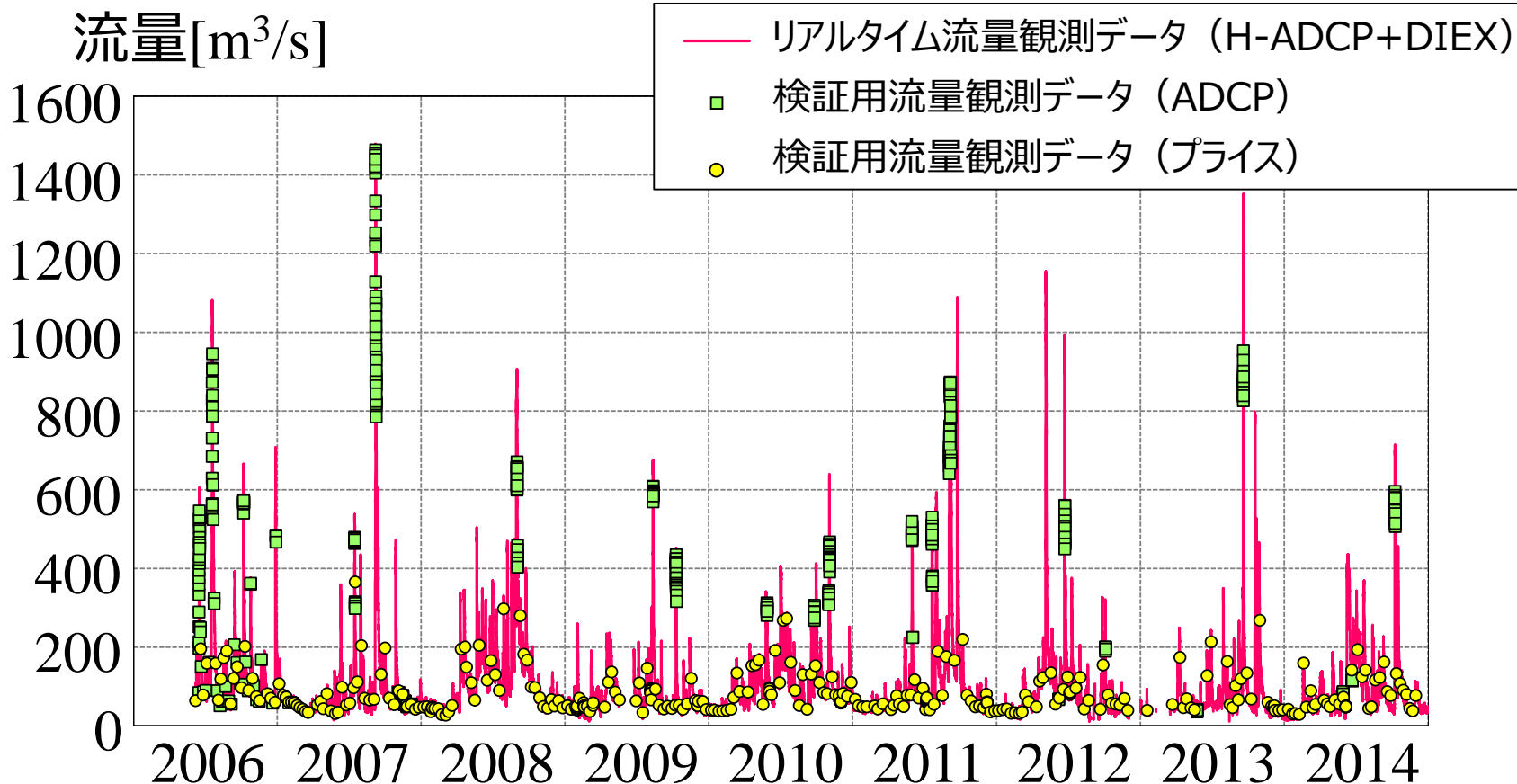
(b) 隅田川の場合

## 自動連続／リアルタイム観測が可能

東京理科大学による研究成果

※本頁のデータは東京理科大学・二瓶教授から提供頂いた

## 東京理科大学が開発・導入したH-ADCP流量モニタリングシステムでは、8年間にわたって自動連続観測に成功

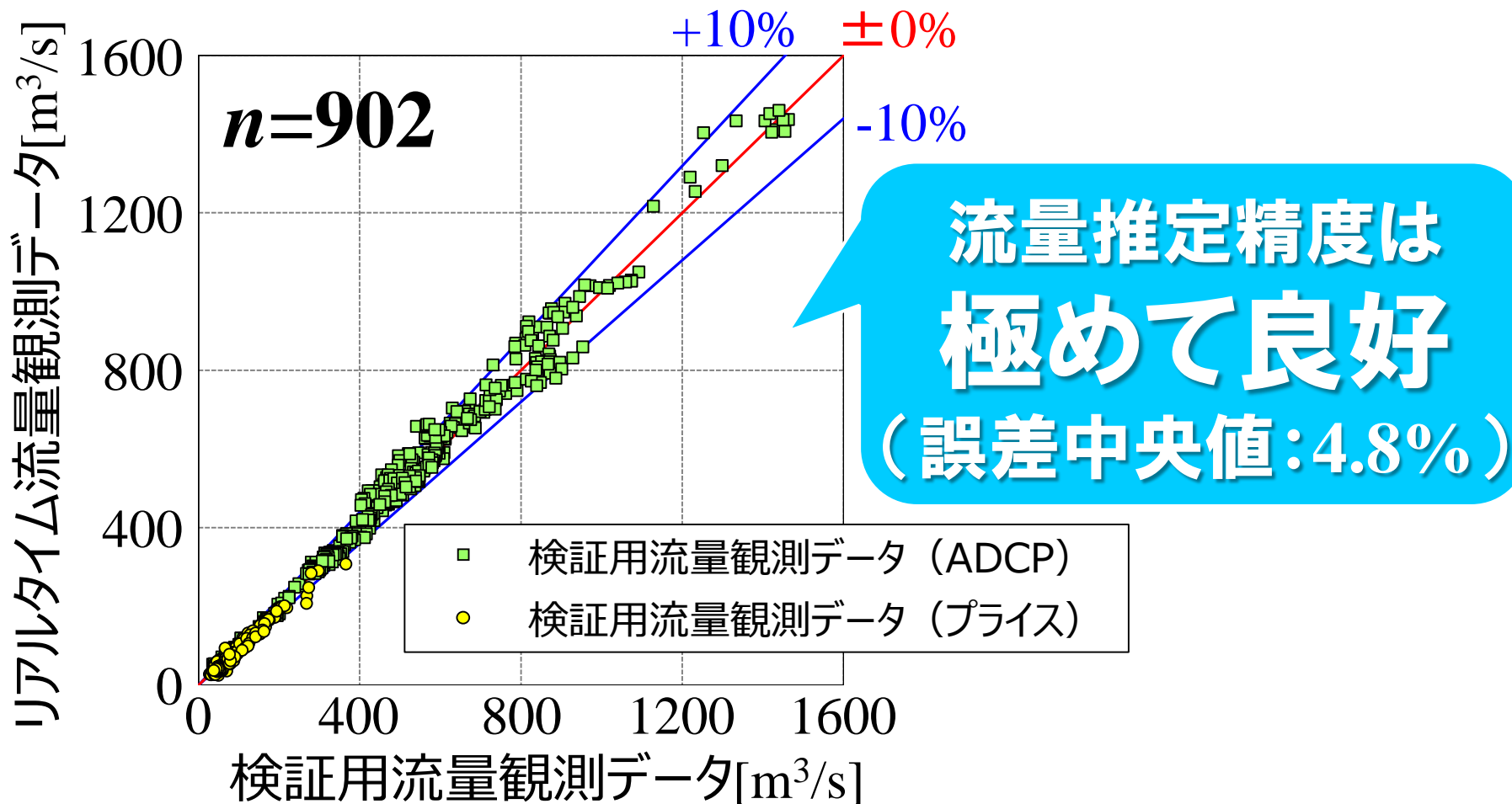


## 自動連続／リアルタイム観測が可能

東京理科大学による研究成果

※本頁のデータは東京理科大学・二瓶教授から提供頂いた

## ADCP・プライス流速計と同等の精度での観測に成功



# DIEX法に対する評価

※主要なものを抜粋

## 学術における評価

### ✓ 2008年 土木学会論文賞

二瓶泰雄（東京理科大学）・木水啓（日本工営株）

「H-ADCP観測と河川流計算を融合した新しい河川流量モニタリングシステムの構築」

### ✓ 2011年 河川技術シンポジウム優秀発表者賞

柏田仁（パシフィックコンサルタンツ株）

「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」

## 実務における評価

### ✓ 2012年～ 河川砂防技術基準調査編に参考手法として掲載

「各点の流速計測値に代表させる区分断面ごとの区分流量を単純にそのまま足し合わせるのではなく、それらの計測値群が満足すべき水理学的条件を同時に考慮して流量を算出する方法」

### ✓ 2015年 国土技術開発賞入賞

二瓶泰雄（東京理科大学）・パシフィックコンサルタンツ株

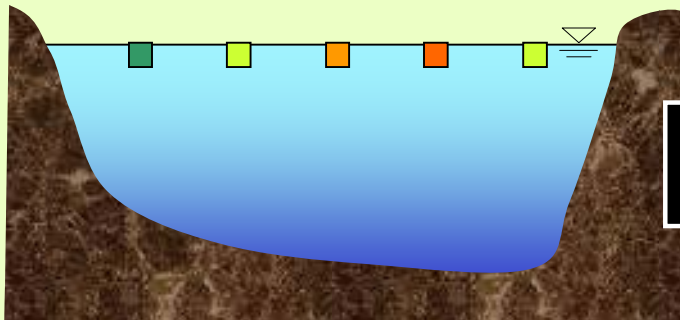
「高効率化・低コスト化・高精度化を実現する流量算出法」



# 次世代の河川流量観測

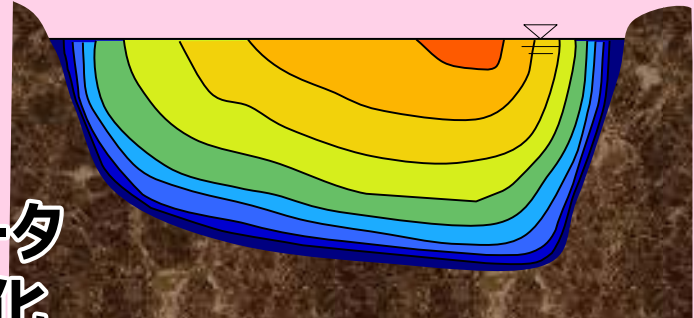
- ✓ 現地環境に応じた最適な流速計を選定
- ✓ DIEX法を適用することで、高精度化するとともに、流速計測点数を最小化し、観測作業・コスト・時間を最小化
- ✓ 一部の流速データ欠測時も流量算出が可能となり、確実性が向上

現地環境に適した流速計による  
**流速計測**



**「点」・「線」**流速データ

**DIEX法による流速内外挿**



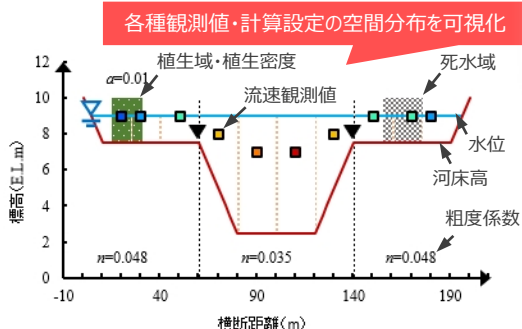
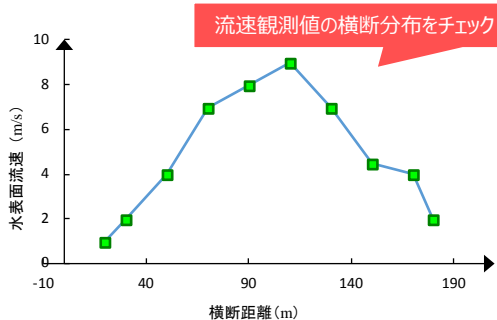
データ  
同化

運動方程式を満足する  
**「面」**流速・**流量**データ

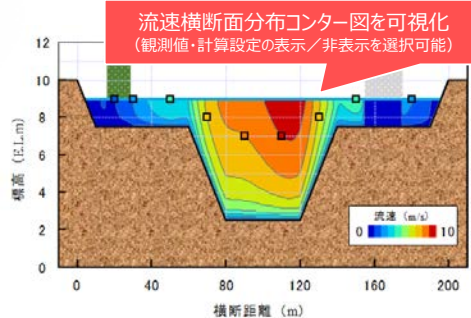
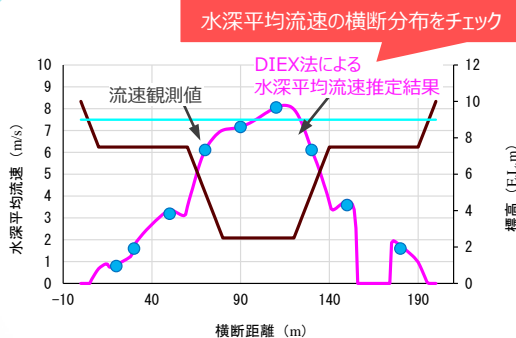
## DIEX法による流速内外挿・流量算出が可能なソフトウェア (東京理科大学・二瓶教授と共同開発)

### DIEX-Flow

- ✓ 一般向け製品
- ✓ ポストプロセス処理による流量算出／コンター図等の描画



入力データの可視化



計算結果の可視化

### 主な機能

- Inputファイル作成支援
- DIEX法による計算
- 計算結果の出力・表示

さらに...

リアルタイム流量観測システム  
**DIEX-Flow RT**  
リアルタイム流量算出・結果表示・データ配信  
を鋭意開発中

# DIEX法に関わる主な参考文献

- 1) 二瓶泰雄・木水啓：H-ADCP観測と河川流計算を融合した新しい河川流量モニタリングシステムの構築，土木学会論文集B，Vol.64，No.4，pp.295-310，2007.
- 2) Y. Nihei and A. Kimizu: A new monitoring system for river discharge with H-ADCP measurements and river-flow simulation, *Water Resources Research*, 44, W00D20, doi:10.1029/2008WR006970, 2008.
- 3) 原田靖生・二瓶泰雄・北山秀飛・高崎忠勝：H-ADCP計測と数値計算に基づく感潮域の河川流量モニタリング～隅田川を例として～，水工学論文集，Vol.52，pp.943-948，2008.
- 4) 岩本演崇・二瓶泰雄：H-ADCP計測と河川流シミュレーションに基づく複断面河道の洪水流量モニタリング，水工学論文集，Vol.53，pp.1009-1014，2009.
- 5) 柏田仁・二瓶泰雄・高島英二郎・山崎裕介・市山誠：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，河川技術論文集，Vol.17，pp.23-28，2011.
- 6) 御厨純・二瓶泰雄・鈴木大樹・中山朝陽：2台のH-ADCP計測とDIEX法に基づく複断面河道の洪水流量計測～台風1112号出水を例に～，土木学会論文集B1（水工学），Vol.68，No.4，pp.I\_1345-I\_1350，2012.
- 7) 柏田仁・二瓶泰雄・山下武宣・山崎裕介・市山誠：電波流速計による表層流速計測とDIEX法に基づく流量推定手法の提案，河川技術論文集，Vol.18，pp.393-398，2012.
- 8) 柏田仁・藤田一郎・本永良樹・萬矢敦啓・二瓶泰雄・中島洋一・山崎裕介：統一された流速内外挿法に基づく様々な流速計測技術の流量推定精度，土木学会論文集B1（水工学），Vol.69，No.4，pp.I\_739-I\_744，2013.
- 9) 柏田仁・二瓶泰雄，幅広い条件下における力学的内外挿法の流速・流量推定精度の検証，土木学会論文集B1（水工学），Vol.71，No.4，pp.I\_835-I\_840，2015.
- 10) 中村友洋・二瓶泰雄・根岸大介：8年間にわたるH-ADCP流量モニタリングシステムの運用と精度検証，河川技術論文集，Vol.21，pp.89-94，2015.