

第17回「川の自然再生」セミナー

## 河川事業におけるCIMの動向

技術管理本部 CIM推進室  
山本 一浩

2019年10月29日

yec 八千代エンジニアリング株式会社  
<https://www.yachiyo-eng.co.jp/>

### CIMの考え方

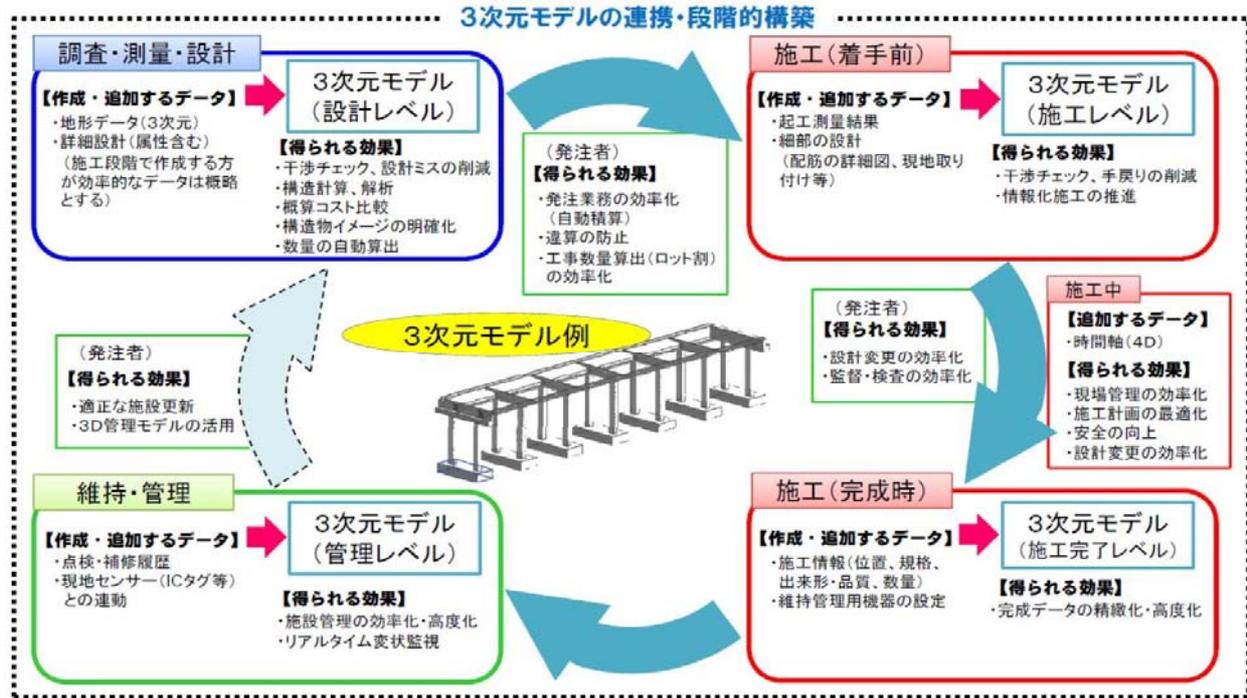
CONFIDENTIAL © YACHIYO Engineering Co., Ltd.

YACHIYO  
Engineering

CIMは、調査・計画・設計段階から 3次元モデル (Modeling) を導入し、その後の施工、維持管理の各段階においても、3次元モデルと連携させ、建設事業(Construction)で発生する 情報 (Information) を ライフサイクル全体で共有・活用 (Management) して建設生産性を向上させようとする考え方である。

土木学会誌 第100巻 第6号 2015.6より

# CIMの概念



CIM導入ガイドライン(案) 国土交通省 CIM導入推進委員会より抜粋

# 河川管理上の現実的課題

- 河川管理施設は**既に完成**し維持管理されているものが構造物が**多数**存在する。
- 許可工作物**の取り扱い。
- 新たに許可申請時の図面を**3次元モデル**とするよう、**強制**できるのか。

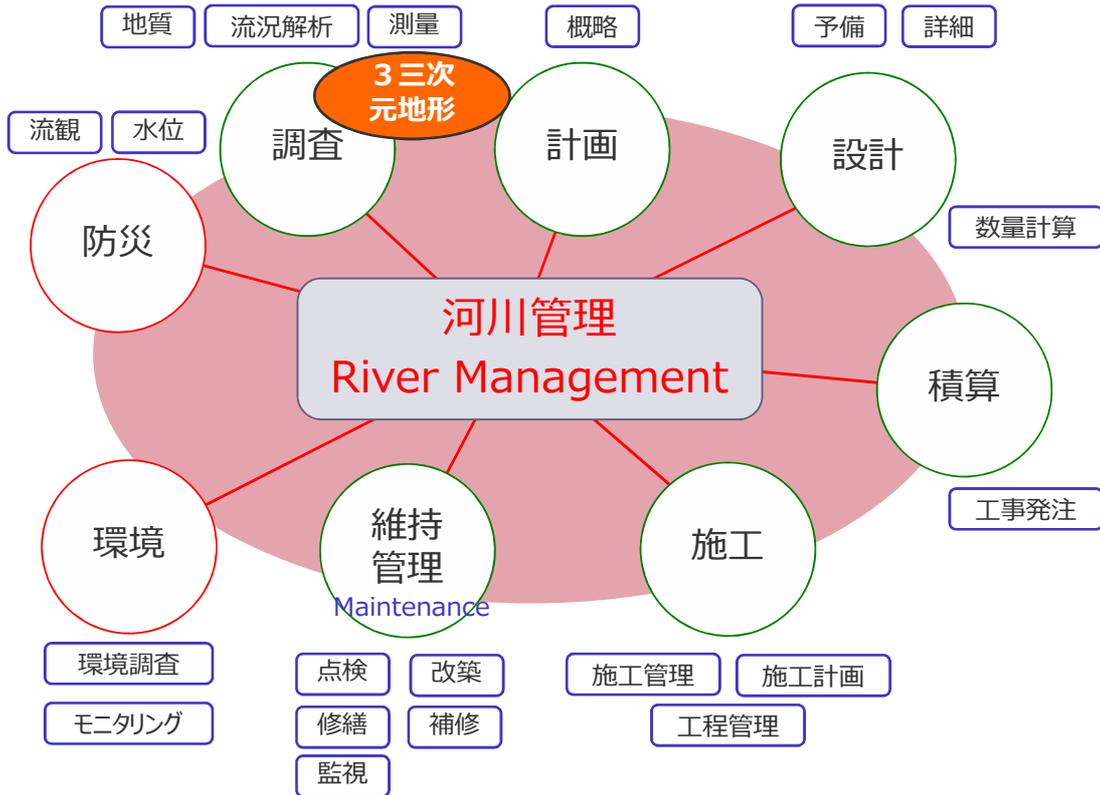
※福井河川国道事務所の場合

- 河川管理施設：堰 1、水門・樋門 2 2、排水機場 3、陸閘 1 5、床固 5
- 許可工作物：堰 9、水門・樋門 1 3 9、排水機場 2 9、陸閘 6、橋梁 5 5、その他 6 3

堤防整備に伴う構造変更となる構造物(樋門等)から3次元化していく

# 河川管理上におけるCIMイメージ(山本モデル)

CONFIDENTIAL © YACHIYO Engineering Co., Ltd.  
YACHIYO Engineering

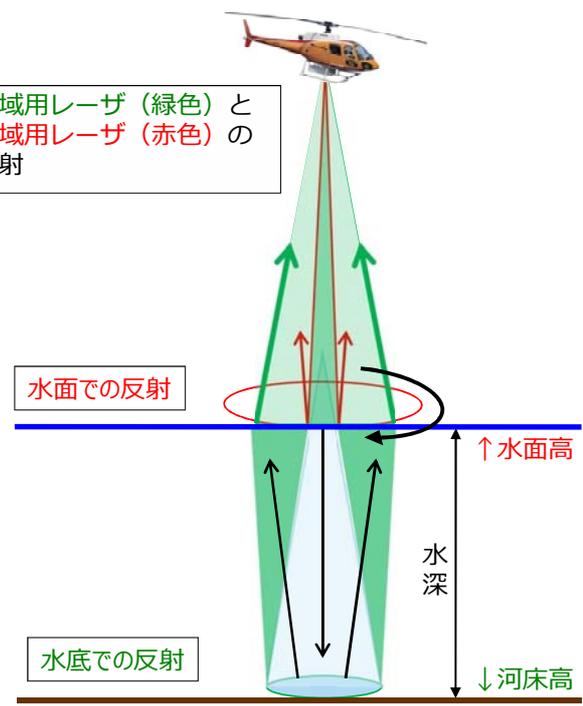


# グリーンレーザによる河道地形情報取得 (ALB)

CONFIDENTIAL © YACHIYO Engineering Co., Ltd.  
YACHIYO Engineering

●レーザ測距装置は、**水域用と陸域用の2つ**を搭載し、同時に運用する。  
また、スキャン方式は楕円方式（オブリークスキャン）を採用しているため、樹木・建物・地形等の側面データも取得できる。

●航空レーザ測量のうち、**水中の計測**においては**可視域のレーザ光（緑色）**を用いることで、**河床の地形も計測が可能**になる。



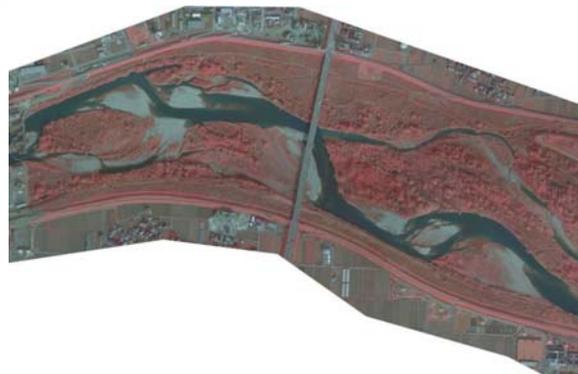
●測深性能は、透明度や水質に大きく依存するが、**最大で15m程度**

ALBによる測深概念図

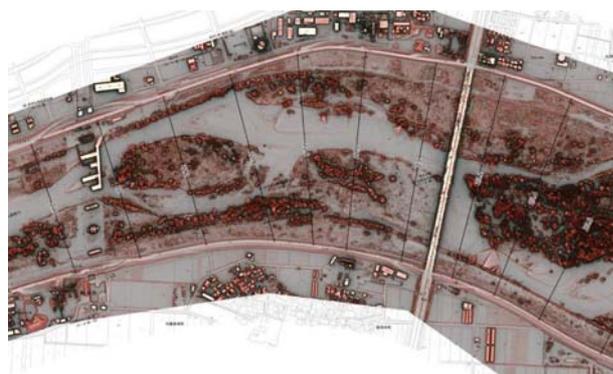
# 主題図の作成



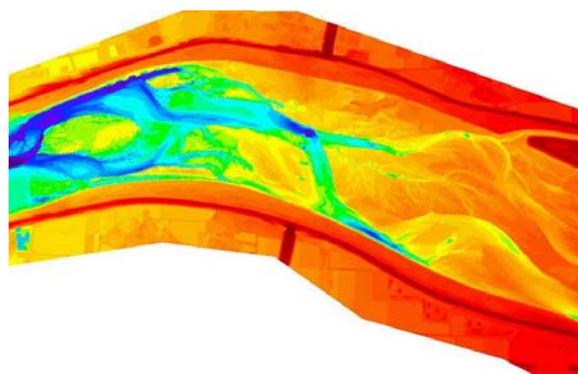
航空写真図により、河道の状況を把握



近赤外画像より、河道内植生の確認



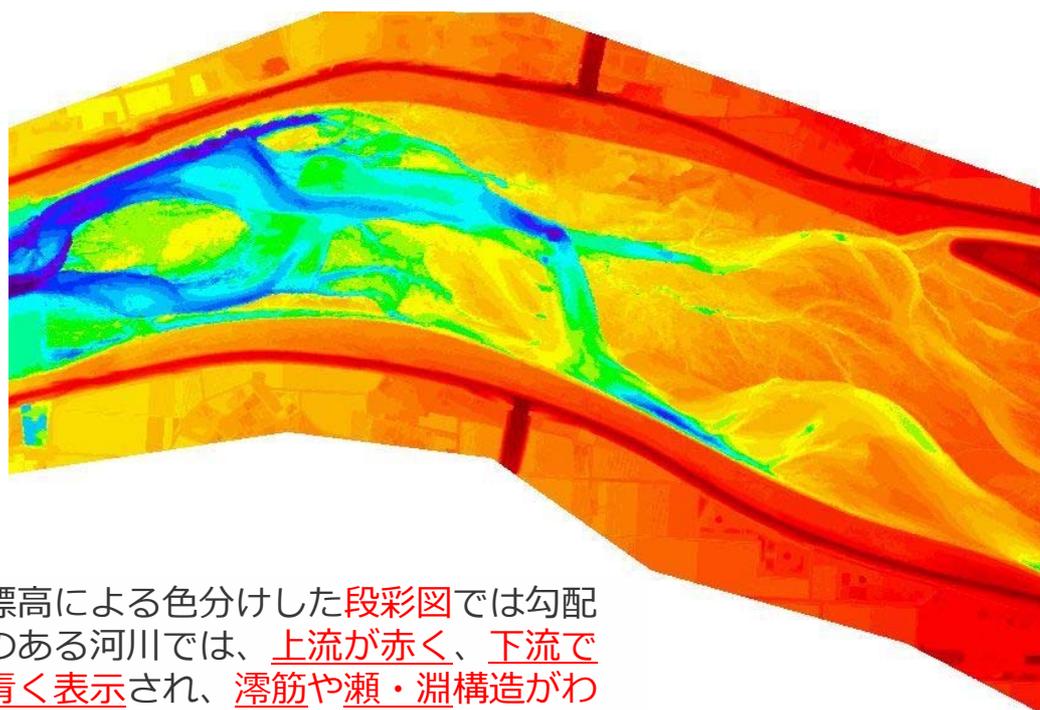
赤色立体地図による、樹木分布等を確認



標高段彩図による、河道の把握

# 標高段彩図

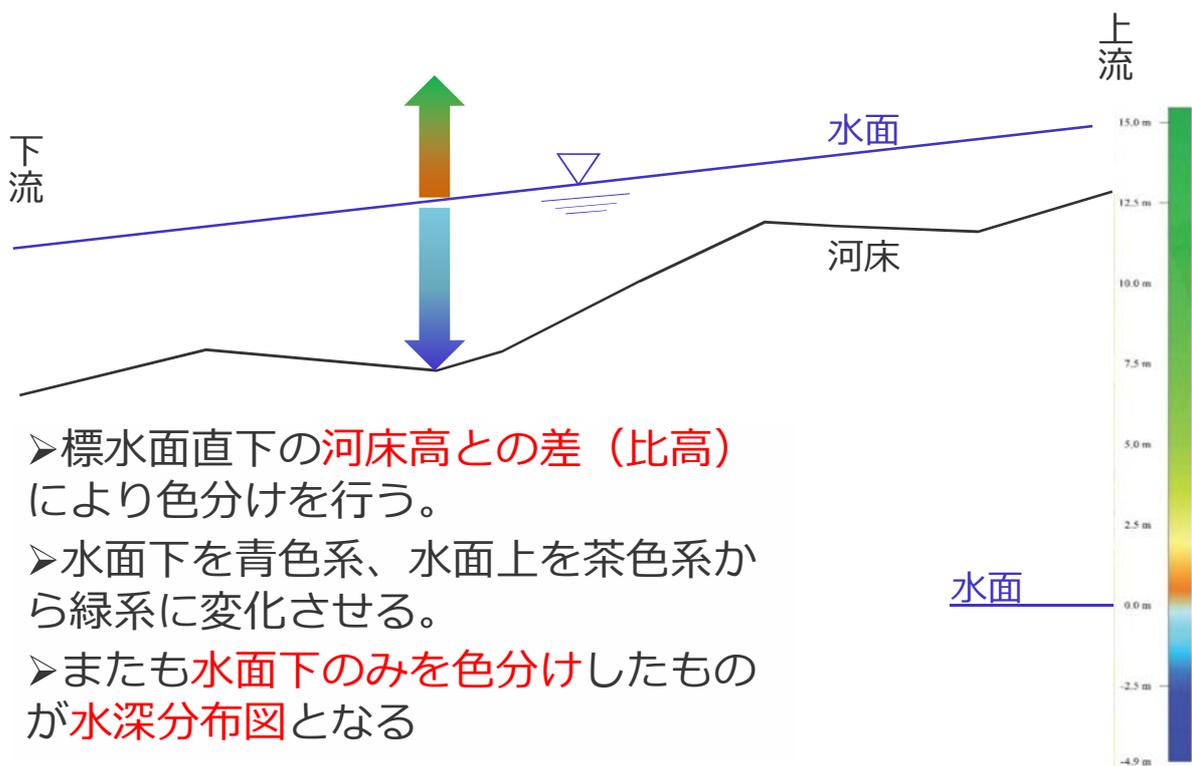
下流



上流

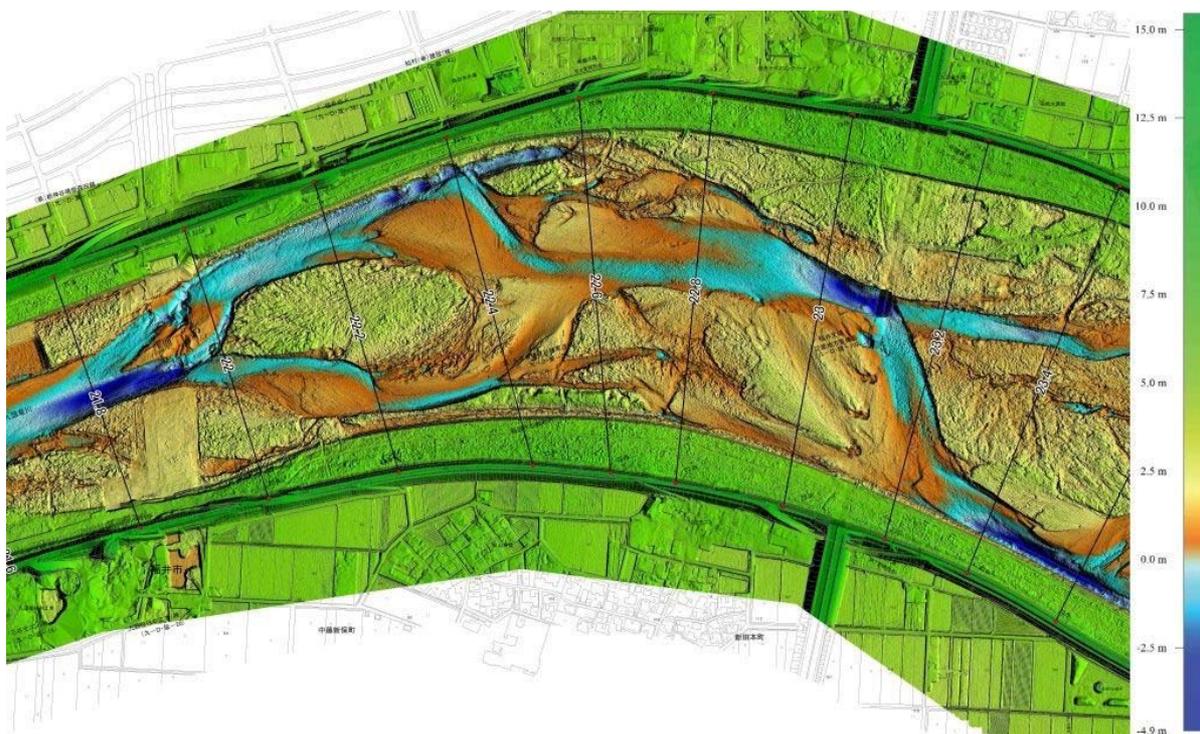
標高による色分けした段彩図では勾配のある河川では、上流が赤く、下流で青く表示され、澗筋や瀬・淵構造がわかりにくい

# 比高図と水深分布図の提案



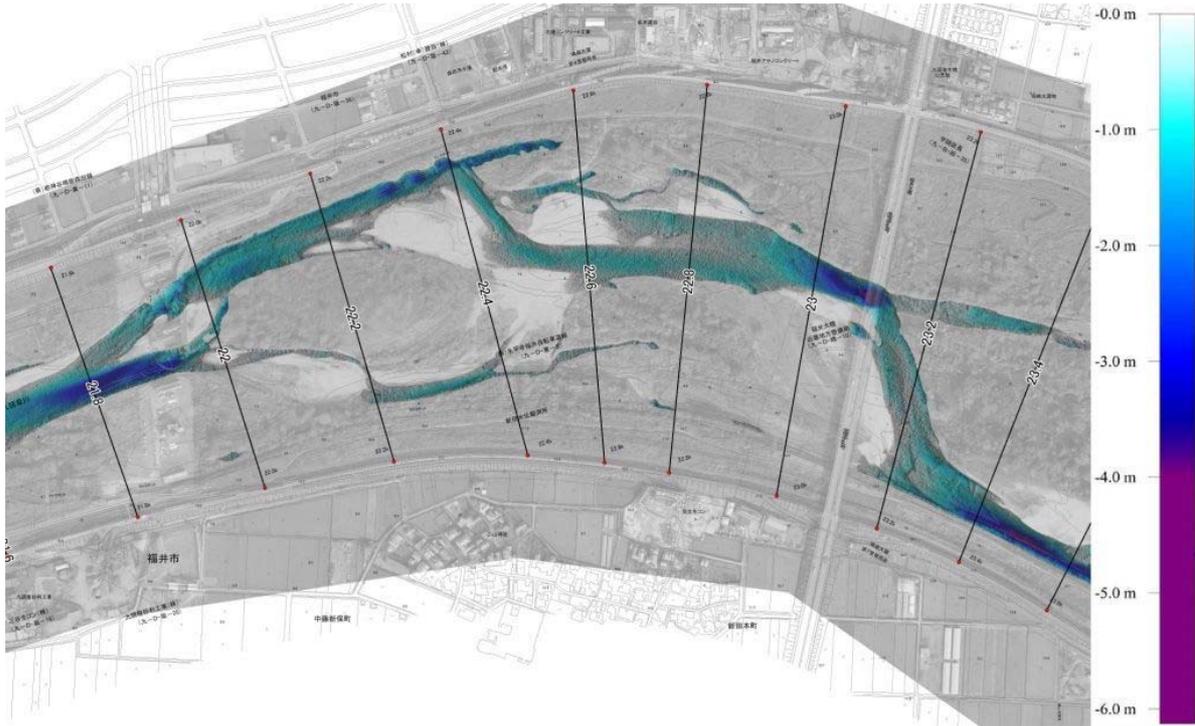
- ▶ 標水面直下の河床高との差（比高）により色分けを行う。
- ▶ 水面下を青色系、水面上を茶色系から緑系に変化させる。
- ▶ またも水面下のみを色分けしたものが水深分布図となる

# 比高図



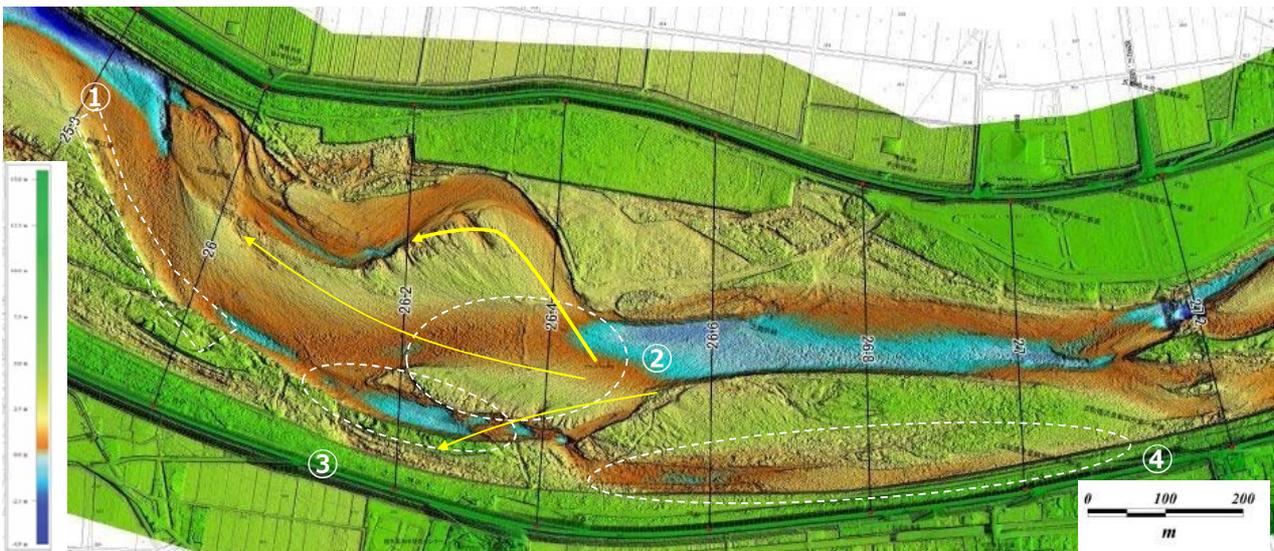
比高図により水深分布や砂州の比高を把握

# 水深分布図



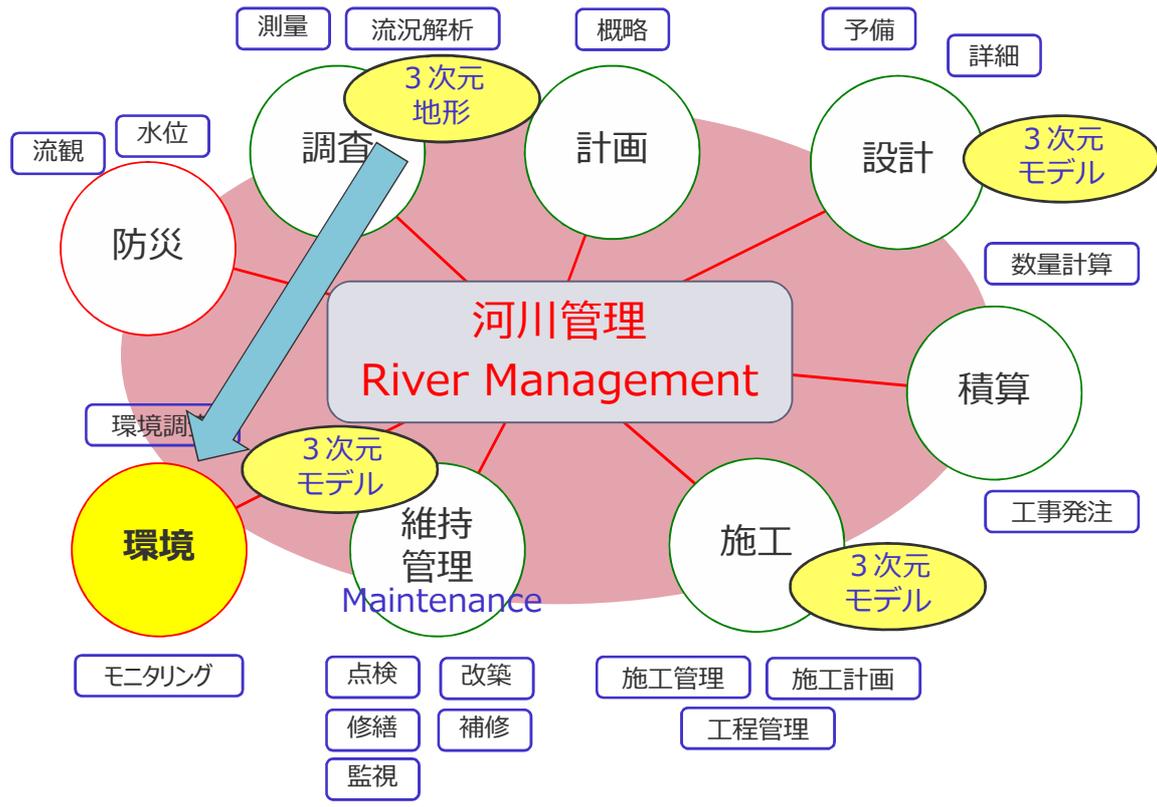
水深分布図より水深分布比高を把握

# 比高図からの河道内特徴の判読



- ① 洪水時に砂州部の侵食が進んでいる。
- ② 淵から瀬への移行帯であり河床高が高く、流れが左右岸と中心に3つに分けられている。右岸部では流向が右岸河岸に向けて急変し、水衝部では高水敷まで侵食が進行している。
- ③ 以前は水衝部で河岸侵食が進んでいたが、砂州の移動により侵食部が埋まりつつある。
- ④ 過去には洪水時に滞筋となっていた形跡がある。

# 河川環境に対する応用と展望



# ALB計測データの河川環境に対する応用と展望①

河川環境を考える上での物理指標は以下の6つが重要

1. 水深
2. 平水時の流速分布
3. 河道形状
4. 日照
5. 水温
6. 粒度分布



→ALB計測で上記の物理指標のうち、いくつ把握可能か？

## ALB計測データの河川環境に対する応用と展望②

CONFIDENTIAL © YACHIYO Engineering Co., Ltd.  
YACHIYO  
Engineering

## ① 水深

- ・水深分布図により、数値情報として定量的に把握可能

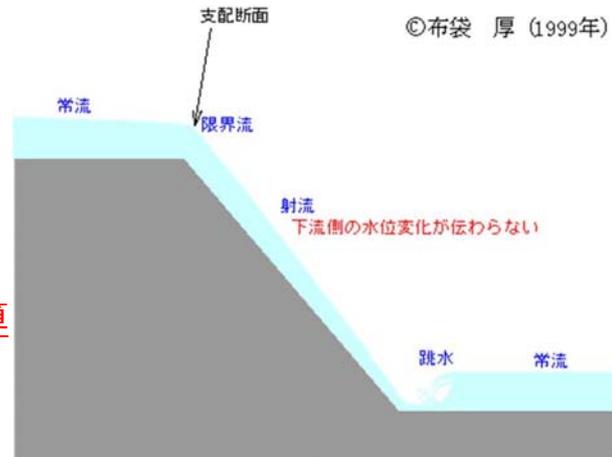
## ② 平水時の流速分布

## 【問題点】

- ・平水流量時は通常の不等流計算では解析できない  
→常流と射流が混在

## 【解決策】

- ・平面2次元不定流計算で可能  
→ALB計測データにより、水面下の精緻な形状の非構造格子が生成できる  
=瀬・淵や流心・河岸等の流速分布を把握することができる



15

## ALB計測データの河川環境に対する応用と展望③

CONFIDENTIAL © YACHIYO Engineering Co., Ltd.  
YACHIYO  
Engineering

## ③ 河道形状

## 【問題点】

- ・比高図や水深分布図により、大まかな河道形状の判読は可能  
→判読では個人差により、定量的な把握が困難

## 【解決策】

- ・nサイズのグリッドで点群のバラツキを数値化

## ④ 日照

## 【問題点】

- ・太陽の動き（天文計算）が必要

## 【解決策】

- ・天文分野における億年単位のスケールは必要ないため、簡便式でOK

16

## ALB計測データの河川環境に対する応用と展望④

CONFIDENTIAL © YACHIYO Engineering Co., Ltd.  
YACHIYO  
Engineering

## ⑤ 水温

## 【問題点】

- ・ 表面温度はALB計測時にサーモグラフィを併用することで可能
- ・ しかし、水面下の水温は上空からは現在の技術では計測できない

## ⑥ 粒度分布

## 【問題点】

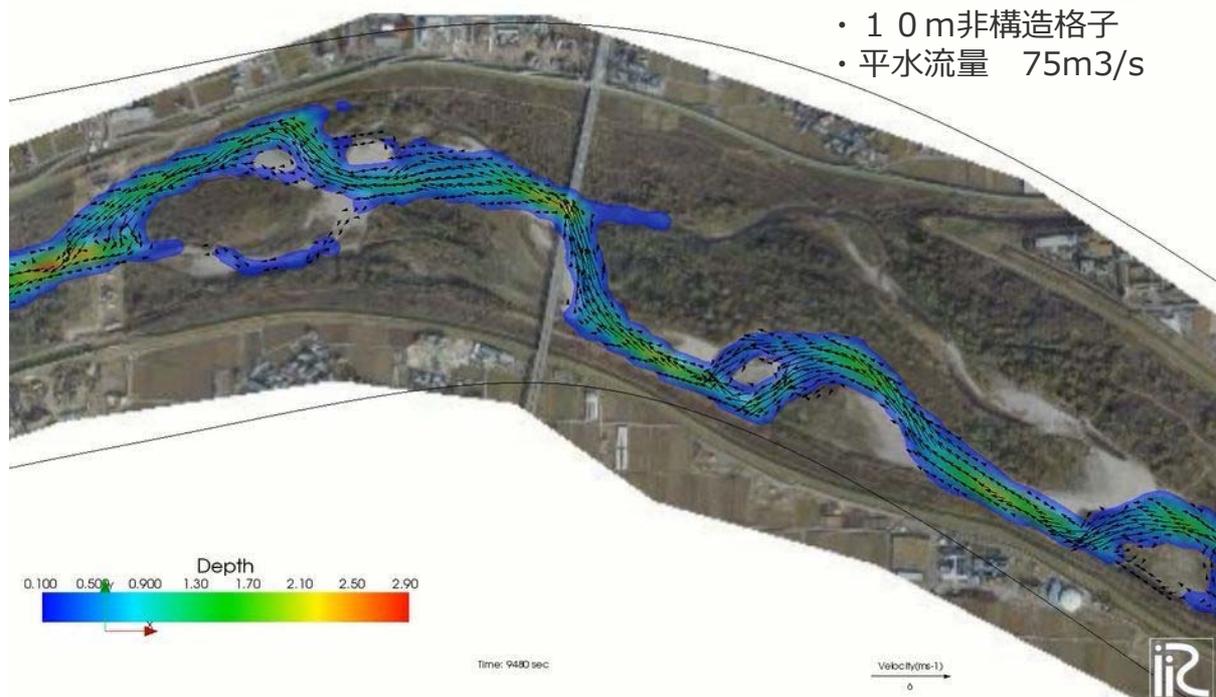
- ・ ALB計測の対地高度では河床構成材料（粒度分布）の把握が困難
- ・ 下層までの粒度分布は不可能

## 【解決策】

- ・ UAVによる低空からの計測で可能となるか今後の課題
- ・ 当面は、2次元平面解析による、摩擦速度による把握

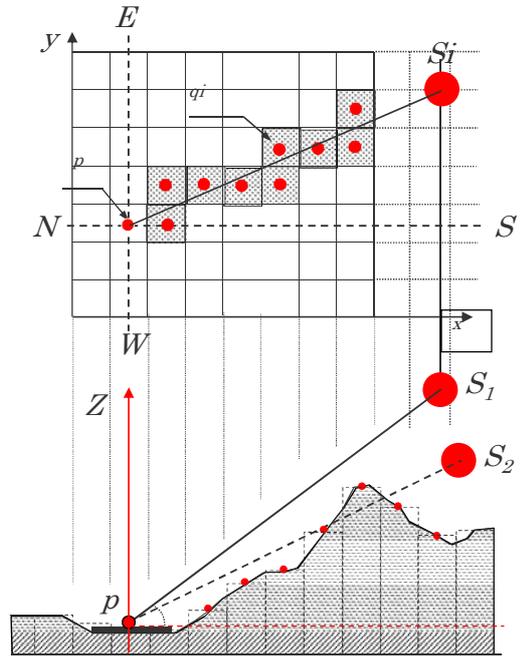
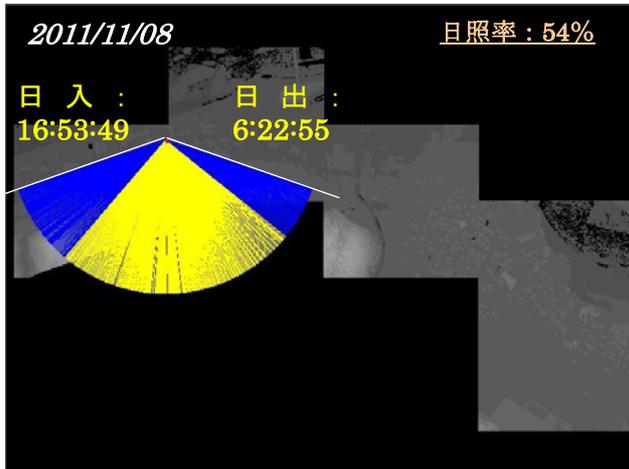
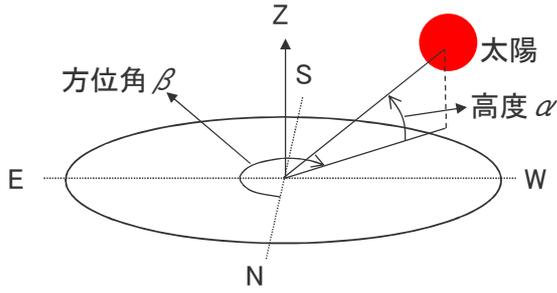
17

## 平水時の流速分布

CONFIDENTIAL © YACHIYO Engineering Co., Ltd.  
YACHIYO  
EngineeringiRIC Project サイトURL : <http://i-ric.org/ja/introduction/>

18

# 日照解析

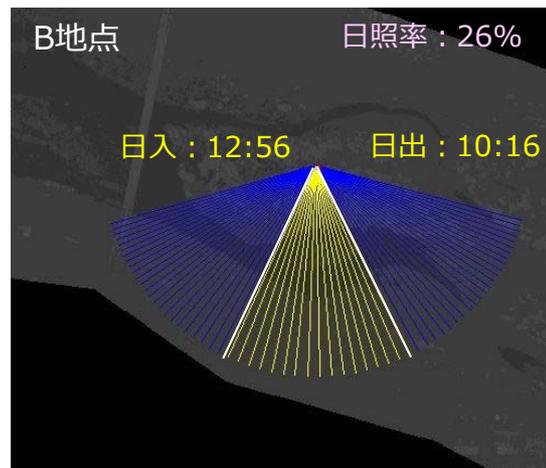
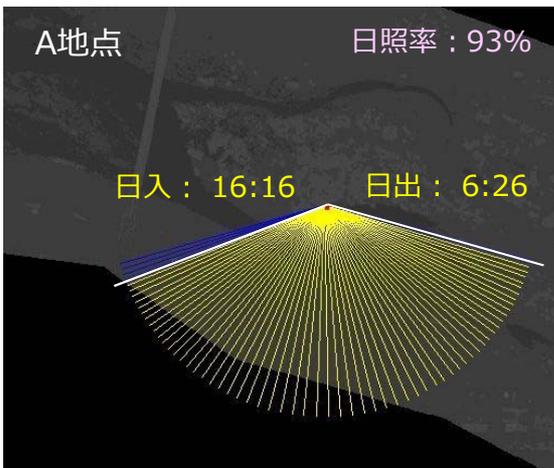


# 日照解析

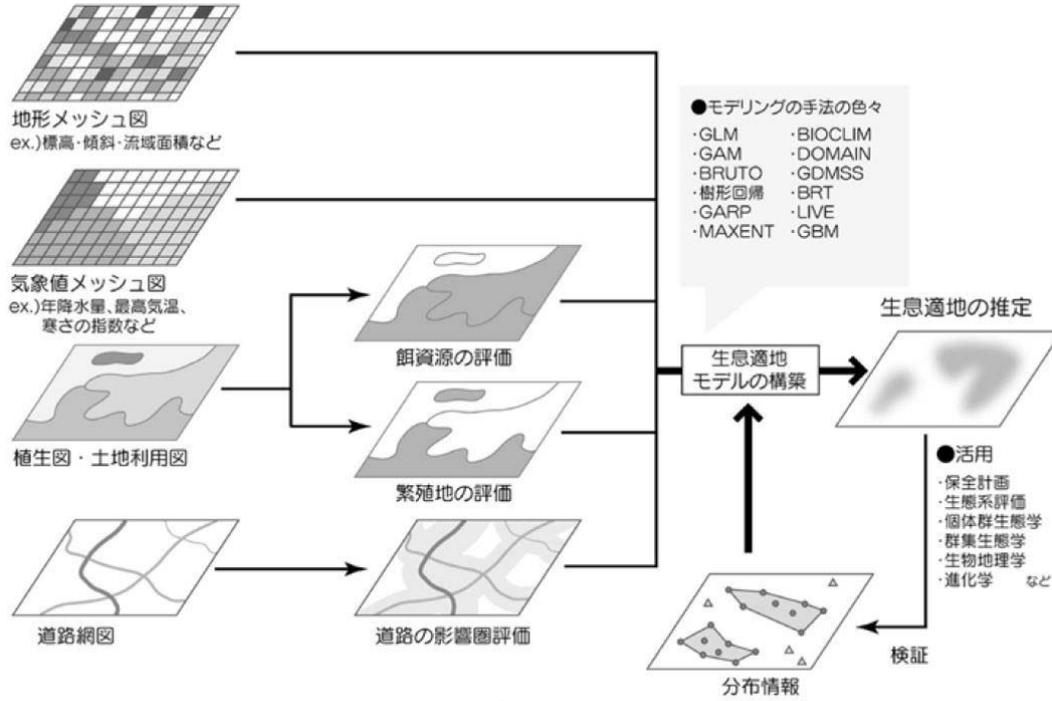


- 解析日: 2019/10/29
- 10分間隔

A地点は南方向が開けており、日照率が高いが、B地点は、樹木に覆われているため、日照時間は2時間と短い



# 地形情報等の統合によるコウノトリ生息環境マップ



ポテンシャルマップ作成の例（三橋(2005)<sup>1</sup>より）

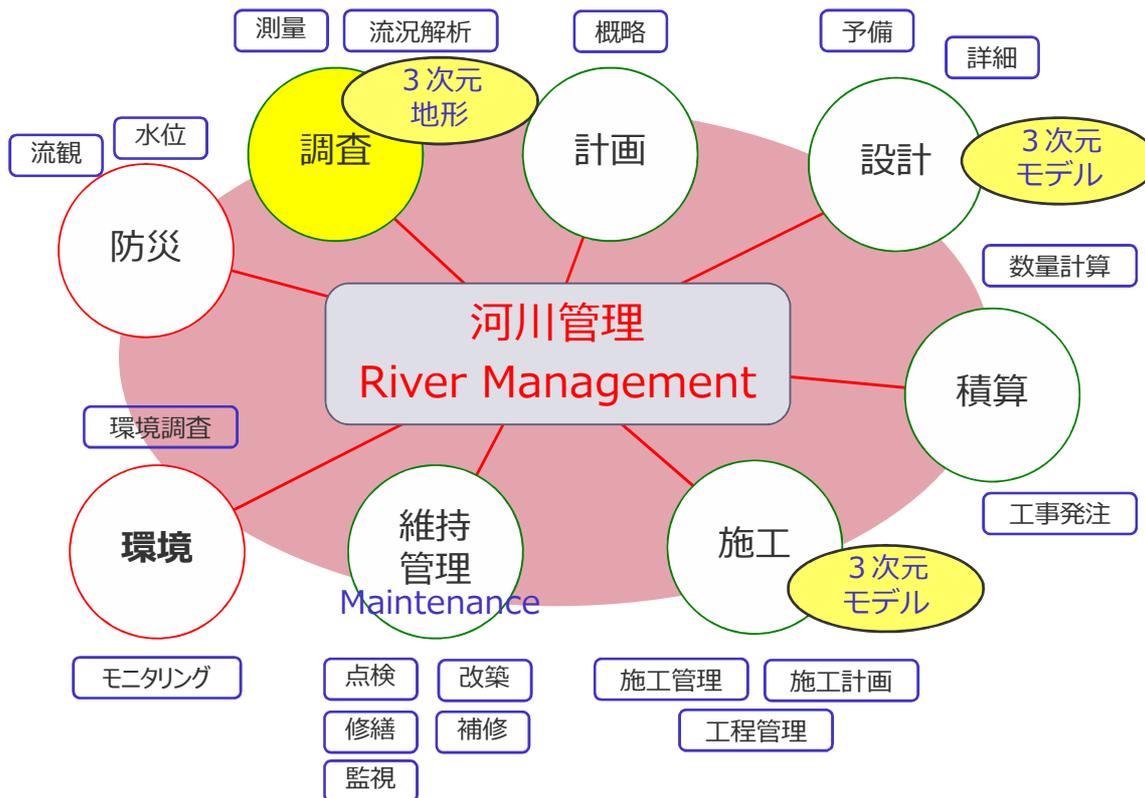
<sup>1</sup> 三橋弘宗, 2005, 生息適地モデルの方法論: GBIF データの活用における課題と展望. ワークショップ 21世紀の生物多様性研究 生物分布情報から探る生物多様性—観察情報の集積とその利用—.

## ■コウノトリポテンシャルマップ



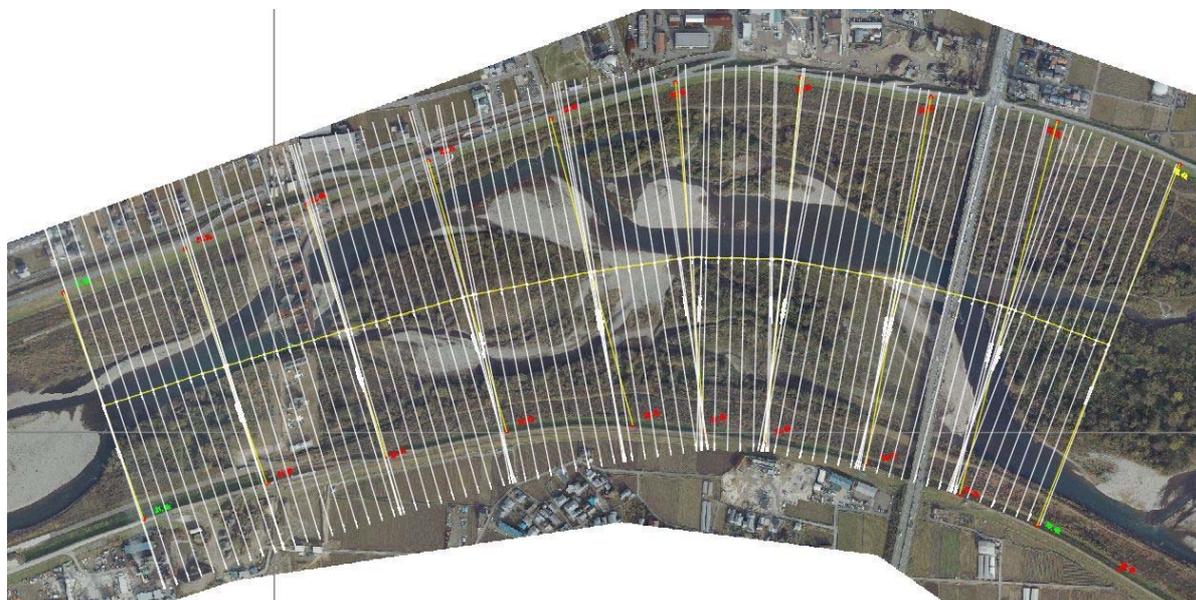
巣の上で高く浮き翼を  
広げる、コウノトリの  
ひなの雌 = 7月23日、  
福井県坂井市内  
※福井新聞ONLINEより

# 調査段階に対する応用と展望



# 20m間隔による準二次元不等流計算の実施

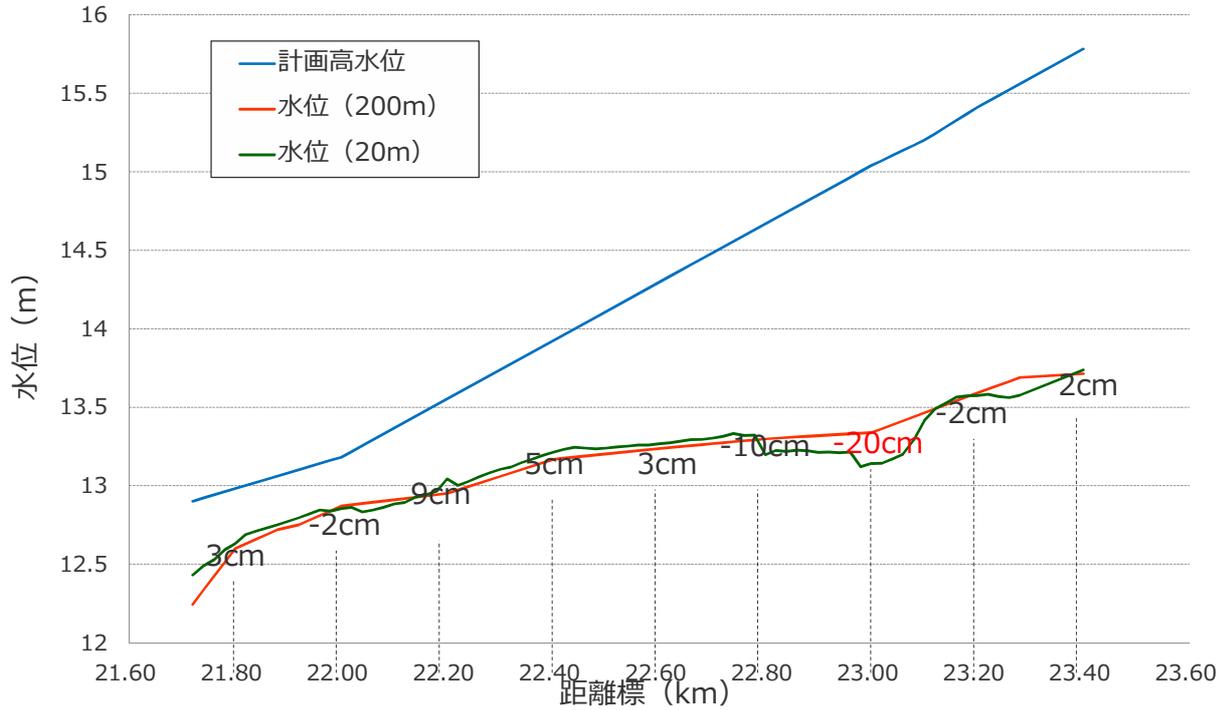
■ 21.6k~23.4k間を20m間隔により不等流計算を実施



# 20m間隔による準二次元不等流計算の実施 (水位)

CONFIDENTIAL © YACHIYO Engineering Co., Ltd.  
YACHIYO Engineering

■ 21.6k~23.4k間を20m間隔により不等流計算を実施

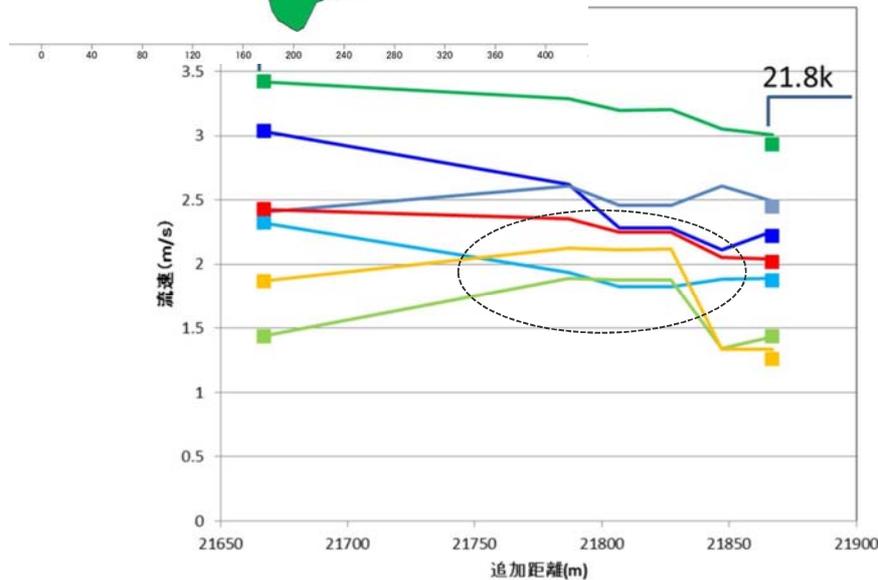
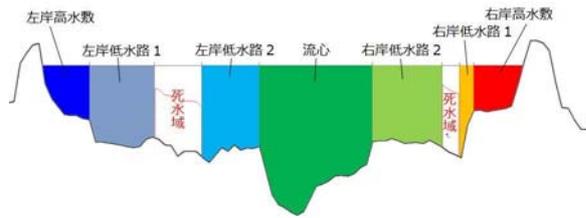


# 20m間隔による準二次元不等流計算の実施 (流速)

CONFIDENTIAL © YACHIYO Engineering Co., Ltd.  
YACHIYO Engineering

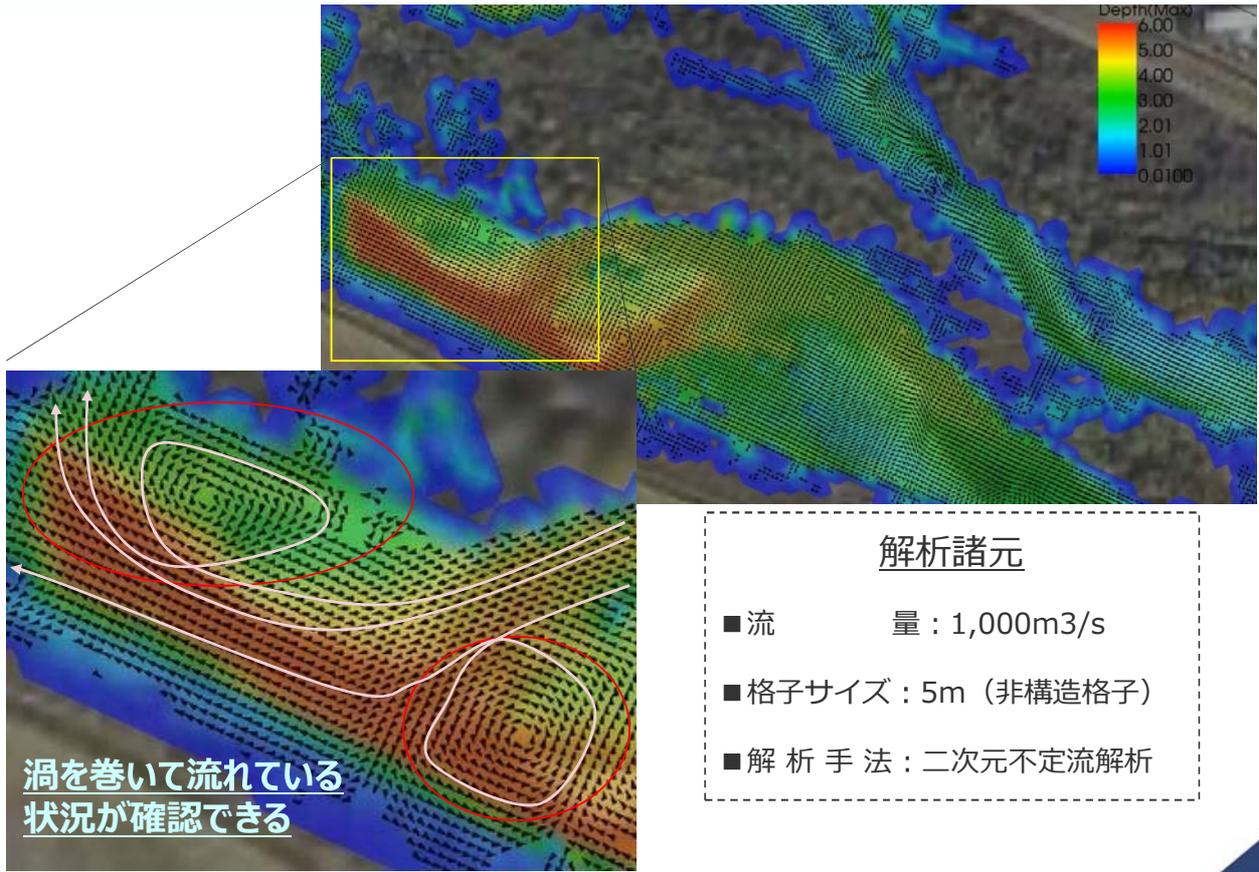
■ 右岸側の樹木と護岸の間で流速が変化している

※死水域の設定について今後精査する必要あり

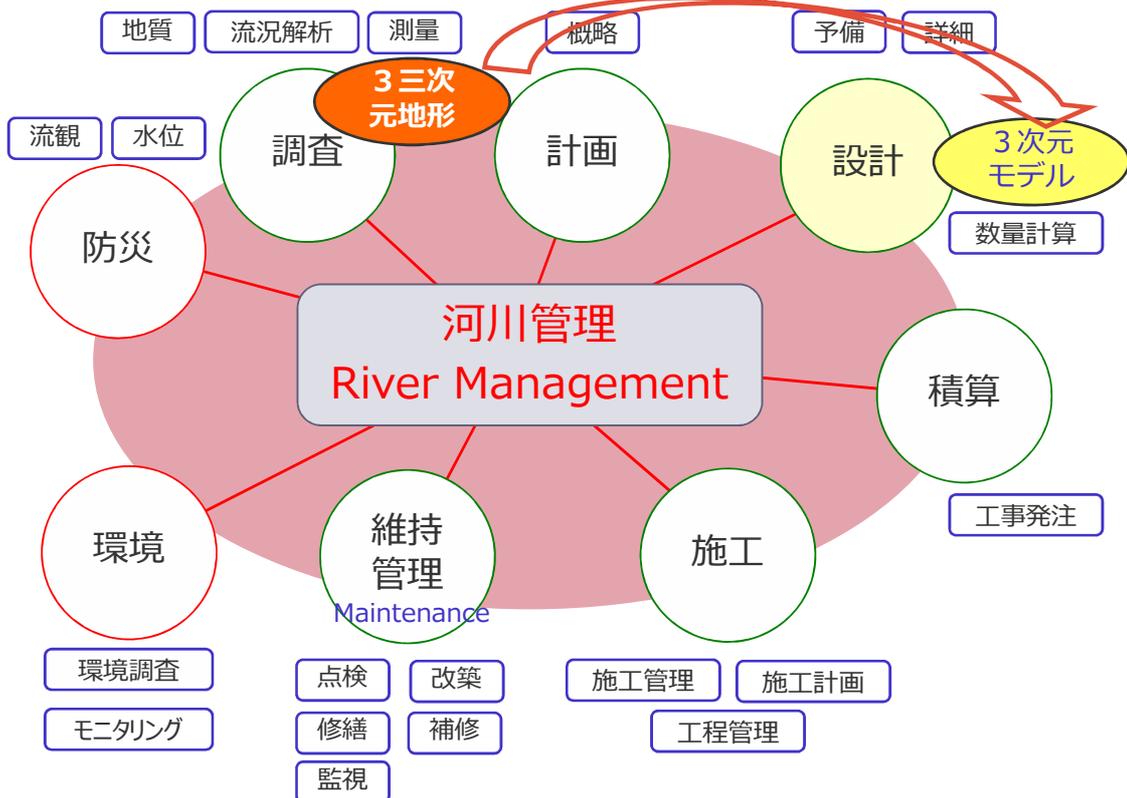


- 左岸高水敷ALB
- 左岸低水路1ALB
- 左岸低水路2ALB
- 流心ALB
- 右岸低水路2ALB
- 右岸低水路1ALB
- 右岸高水敷ALB
- 左岸高水敷: 距離標
- 左岸低水路1: 距離標
- 左岸低水路2: 距離標
- 流心: 距離標
- 右岸低水路2: 距離標
- 右岸低水路1: 距離標
- 右岸高水敷: 距離標

# 2次元不定流解析 (水深・流向)



# 調査から設計へ

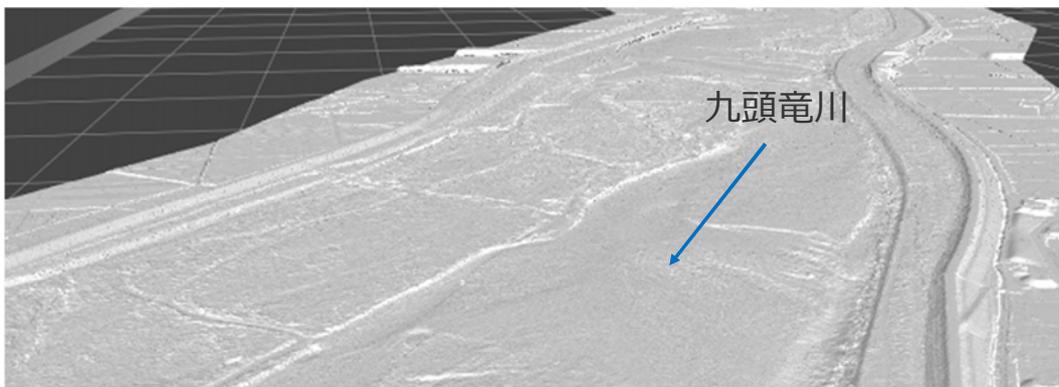


## 設計段階の3次元モデル

- ① 河川区域内の地形モデルの詳細度
- ② 堤防の計画断面による3次元モデルの生成
- ③ ICT活用工事の納品データの活用

## 河川区域の地形モデル

地形モデルとは、ALB等による3次元点群データから、ノイズ除去を行い作成したオリジナルデータから、さらに建物・建造物、樹木・植生等をフィルタリング処理したグランドデータより、現況地形をTINサーフェスで表現したもの。

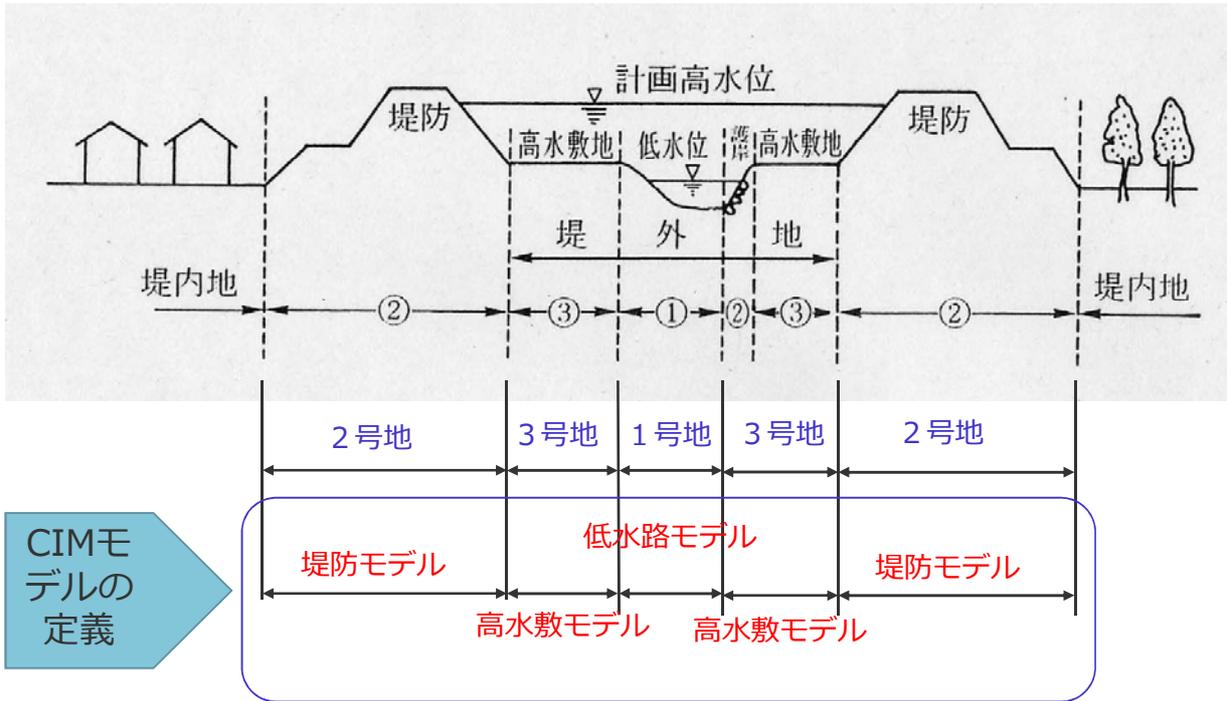


納品されるモデルのグリッドは0.5mでファイル容量を大きく、管理範囲全体を同時に扱うには課題が残る。

CIM導入ガイドライン（案）第3編 河川編でも、「地形モデルの詳細度については、『モデルの軽量化』を注意事項として記載され、『詳細度を十分に検討して作成する』としている。

# 河川管理におけるCIMモデルの定義

## ■ 河川空間における河川法上の定義



# 河川管理におけるCIMモデルの詳細度

## 各モデルの詳細度の提案（モデルの最適化案）

### ■ 堤防モデル

堤防は洪水流を安全に流下させ、堤内地への洪水氾濫を防ぐための重要な河川管理施設である。維持管理においては、堤防法面の変状等を把握し日常的に安全な状態にしておく必要がある。

堤防は以上のような特性から堤防形状を正確に再現する必要があるため、**堤防モデルのメッシュ間隔は0.5mグリッドとし、詳細度「400」を提案する。**

### ■ 低水路モデル

低水路は、常に流水がある箇所であり、河道形状が刻々と変化していくため、堤防と同等の詳細度とする必要はないと考える。河床地形が3次元形状であり、2次元不定流解析モデルが容易に作成できる。

環境面においても瀬・淵や砂州等の形状が2.0mグリッドでも十分に表現できるため、**低水路モデルのメッシュ間隔は2.0mグリッドとし、詳細度「200」を提案する。**

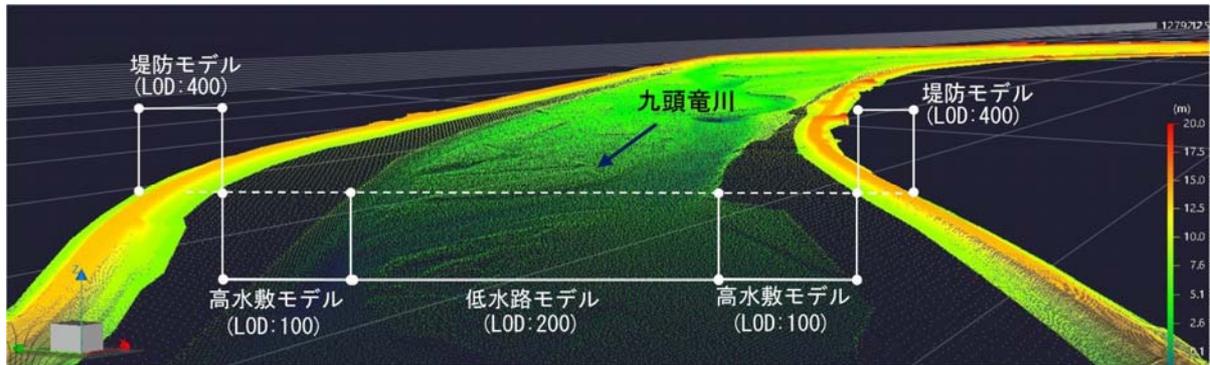
### ■ 高水敷モデル

高水敷の維持管理では、河岸侵食による高水敷幅の変化による堤防防護ラインへの影響等の把握が必要であるが、堤防や低水路と比較して、高い詳細度は必要がないと思われるため、**高水敷モデルのメッシュ間隔は5.0mグリッドとし、詳細度「100」を提案する。**

# 河川管理におけるCIMモデルの詳細度

CONFIDENTIAL © YACHIYO Engineering Co., Ltd.  
YACHIYO Engineering

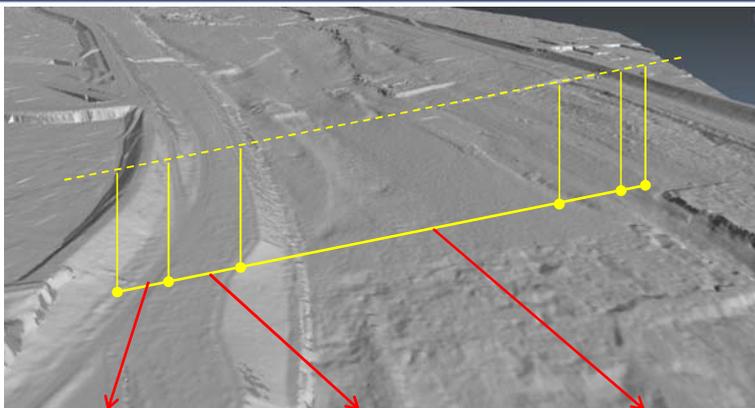
## ■ モデル最適化案の結果



地形モデルを0.5mグリッド、低水路モデルを2.0mグリッド、高水敷モデルを5.0mグリッドに変換した河道地形モデル

# 河川管理におけるCIMモデルの詳細度

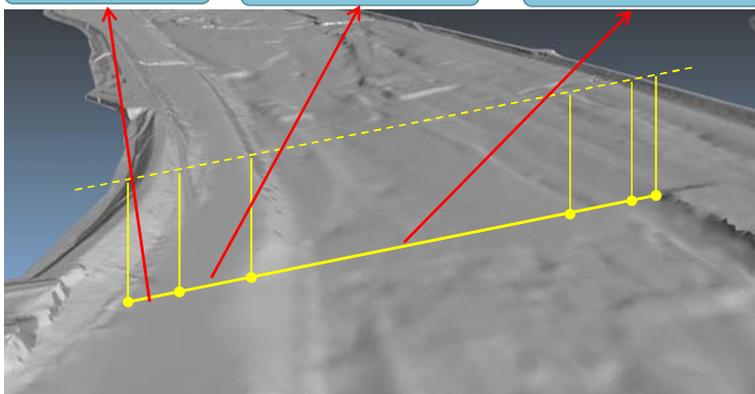
CONFIDENTIAL © YACHIYO Engineering Co., Ltd.  
YACHIYO Engineering



堤防モデル

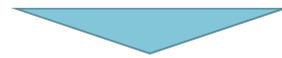
高水敷モデル

低水路モデル



### ● モデルの最適化前

- 点群データ数  
50,774,532ポイント
- LandXML ファイルサイズ  
5,847MB



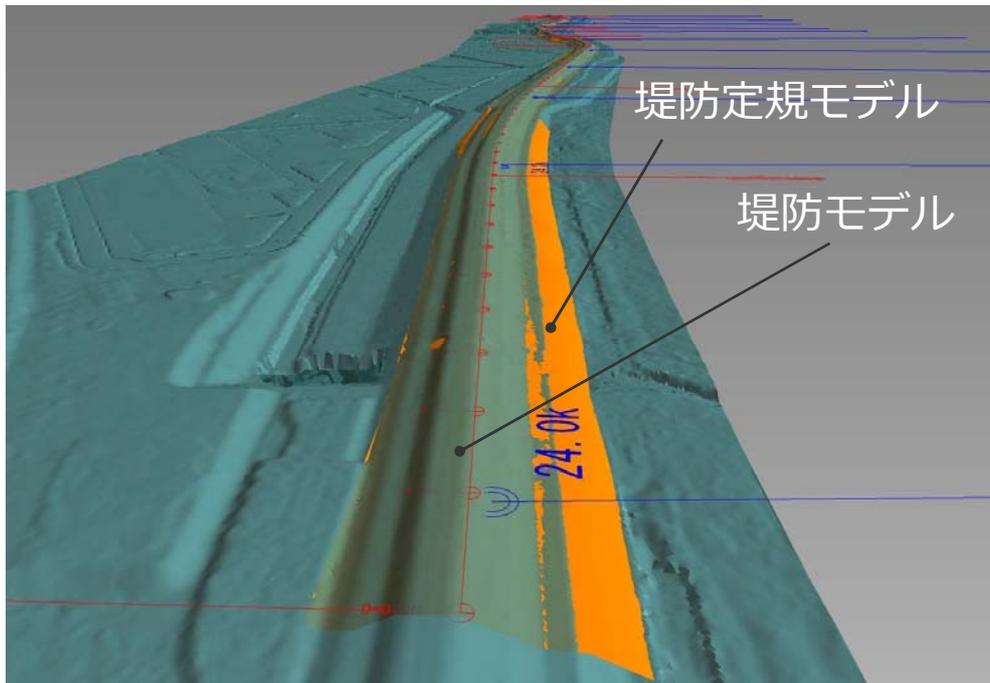
### ● モデルの最適化後

- 点群データ数  
4,269,884ポイント
- LandXML ファイルサイズ  
651MB

約 1 / 10 に縮小

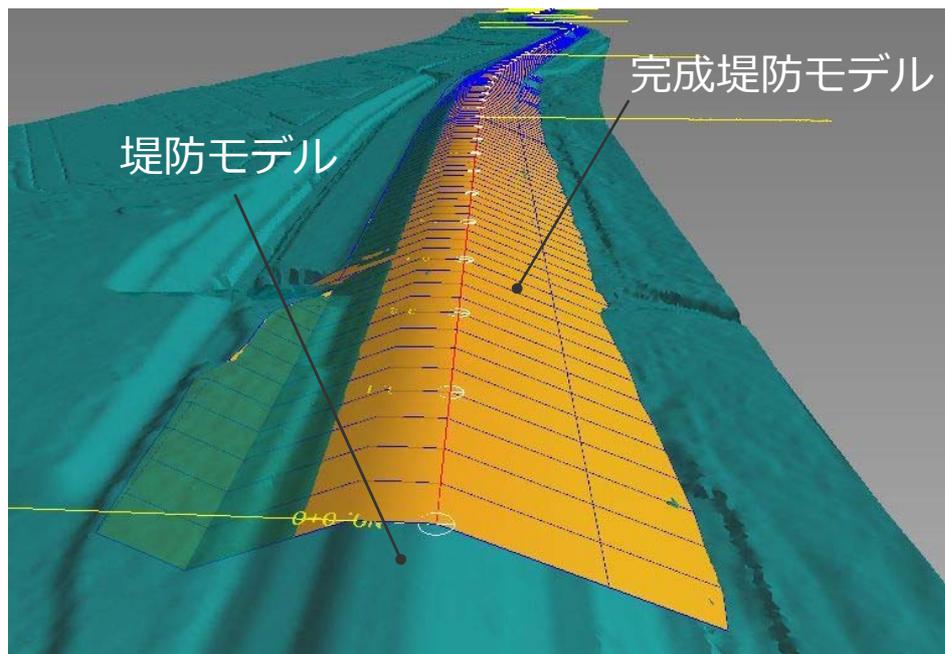
## 設計段階での活用

堤防法線に沿って定規断面を3次元化し、堤防モデルと重ね合わせることで、堤防の量的整備の把握が可能



## 設計段階での活用

堤防の量的整備を3次元設計を実施



数量算出



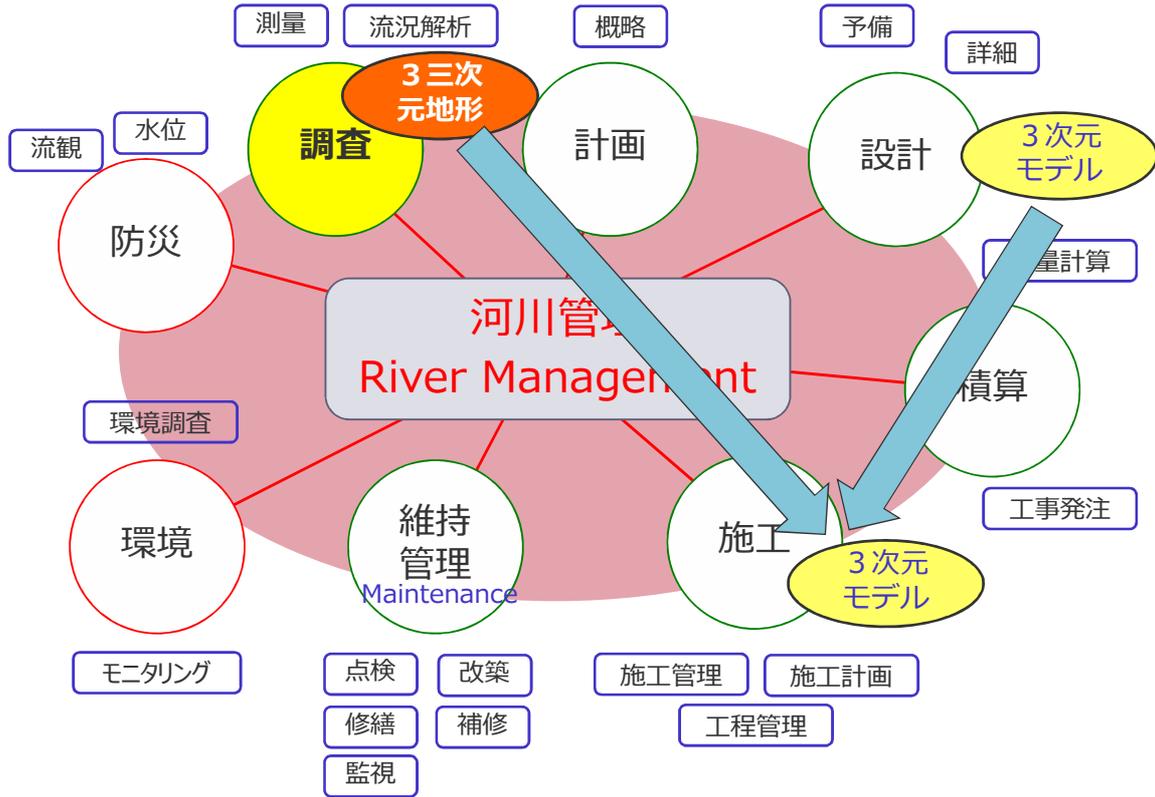
積算

土工モデル

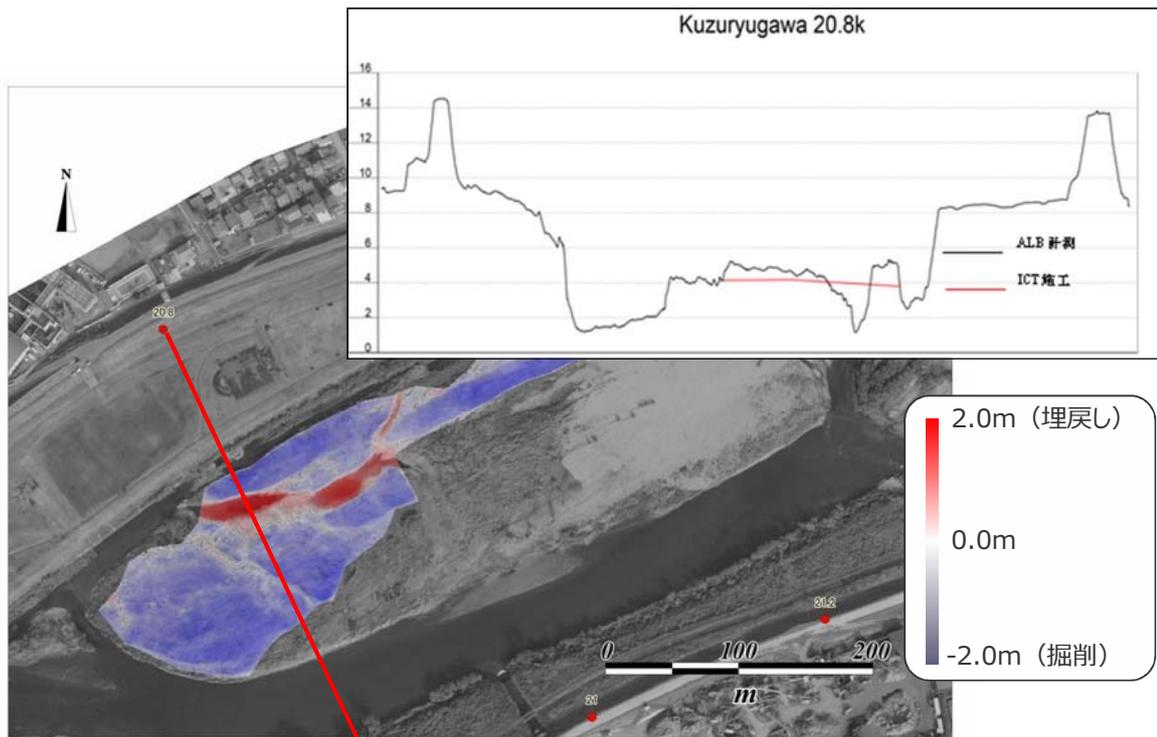


ICT施工

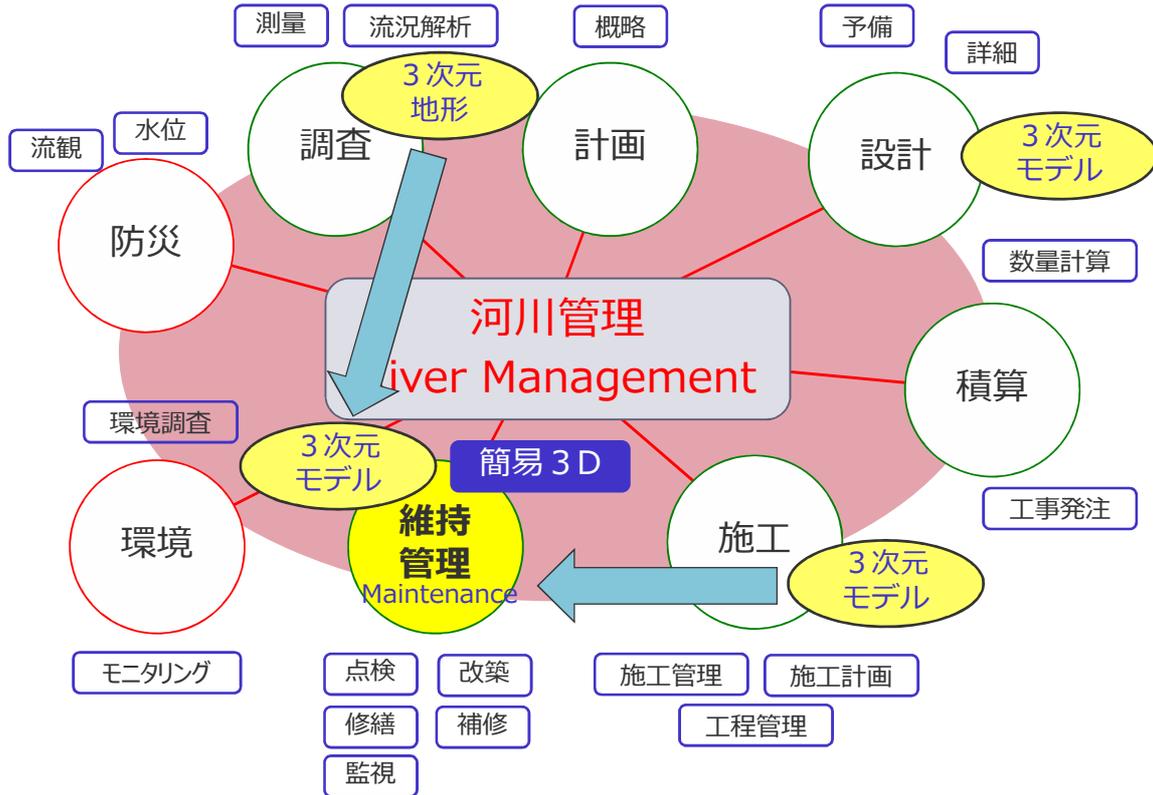
# 設計段階での活用



# i-Constructionとの連携



# 維持管理段階の3次元モデル

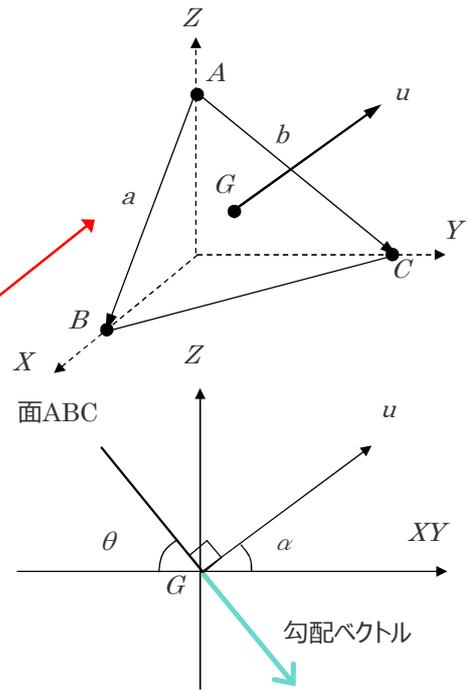
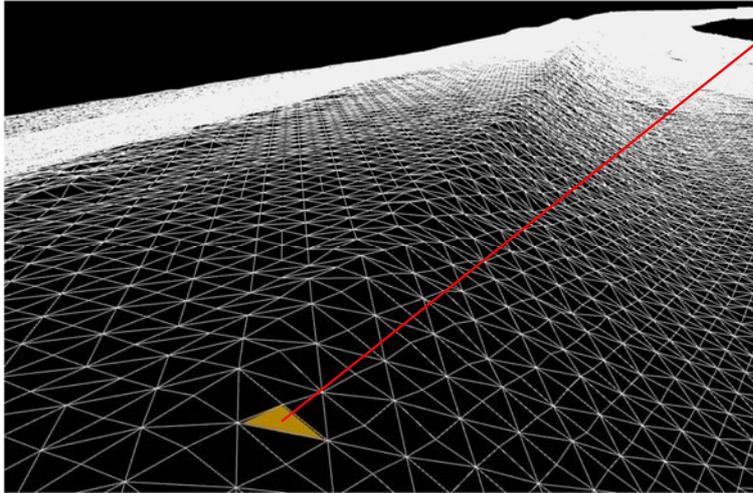


# 維持管理段階の3次元モデル

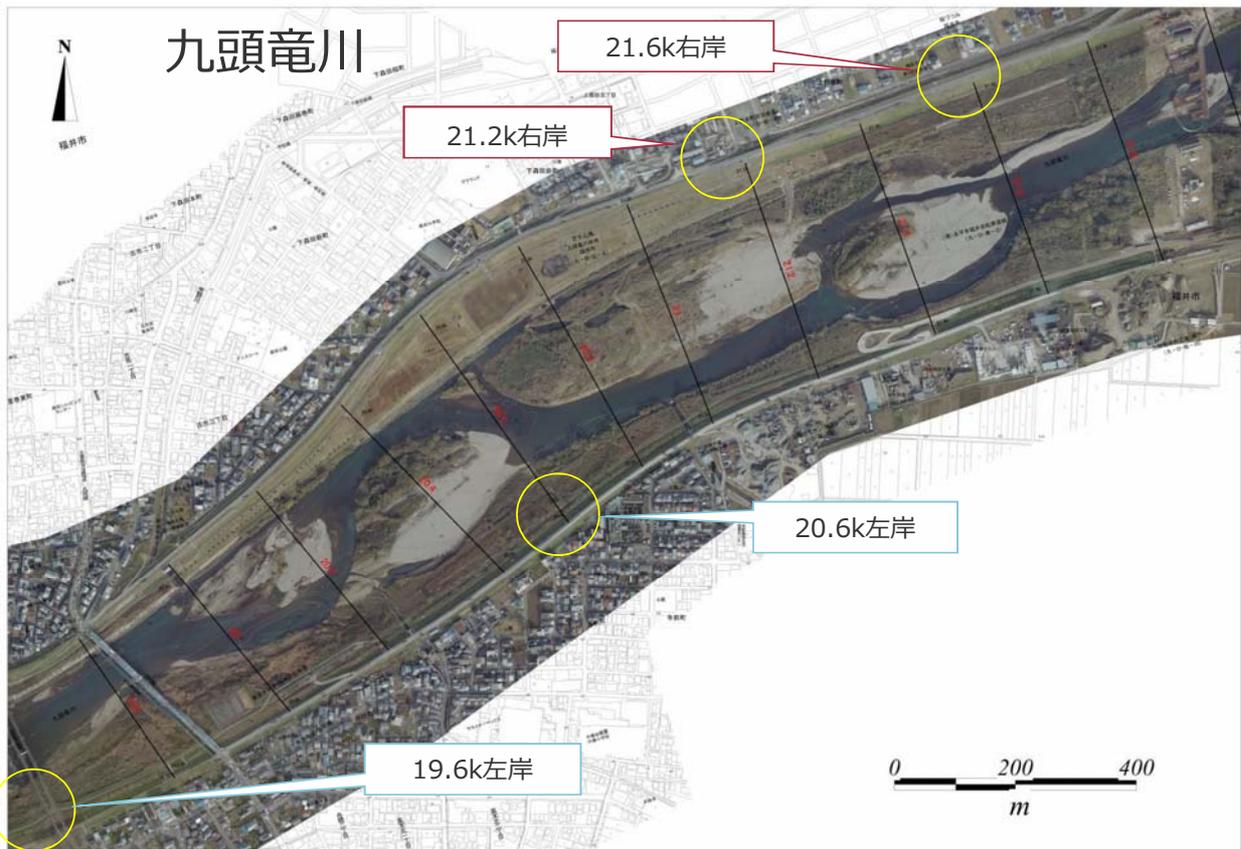
- ①. 堤防点検への適用
- ②. 河岸浸食等による変状把握
- ③. 樹木管理
- ④. 許可工作物の3次元化の試み

# 堤防法面形状の把握

レーザ計測データの点群データからTINサーフェスを生成することで、**不等辺三角網**が生成される。それぞれの**三角形から法線ベクトル**を外積による計算することで、**勾配、方向**が算出される

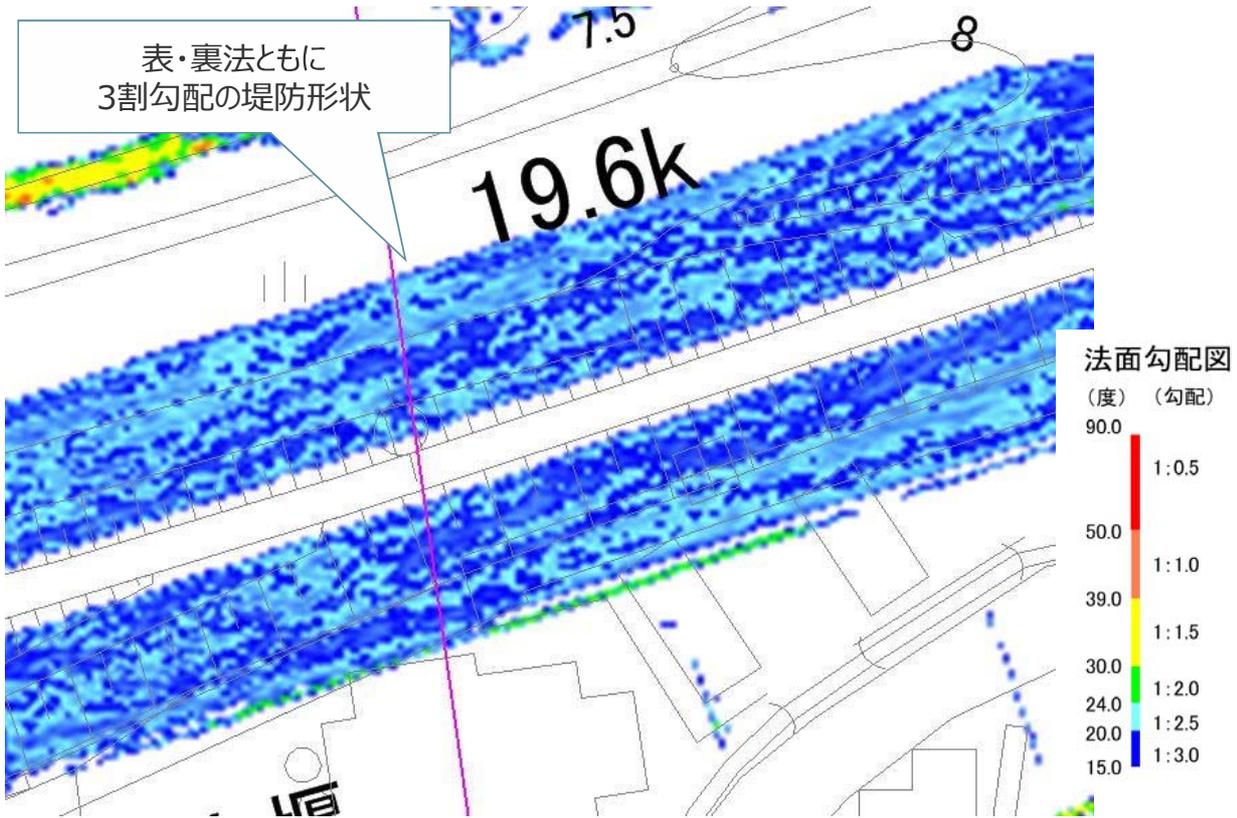


# 堤防法面形状の把握



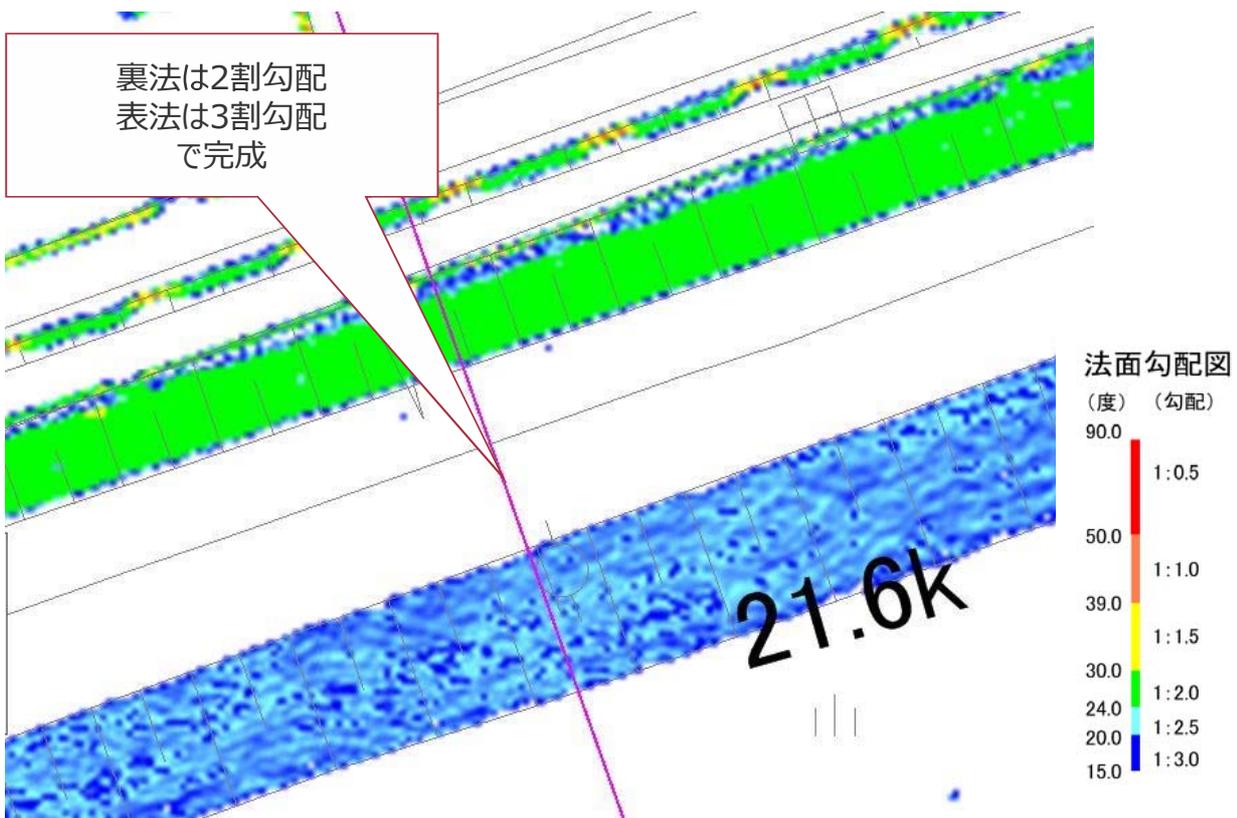
### 堤防法面形状の把握 (九頭竜川19.6 k 左岸)

CONFIDENTIAL © YACHIYO Engineering Co., Ltd.  
**YACHIYO**  
Engineering

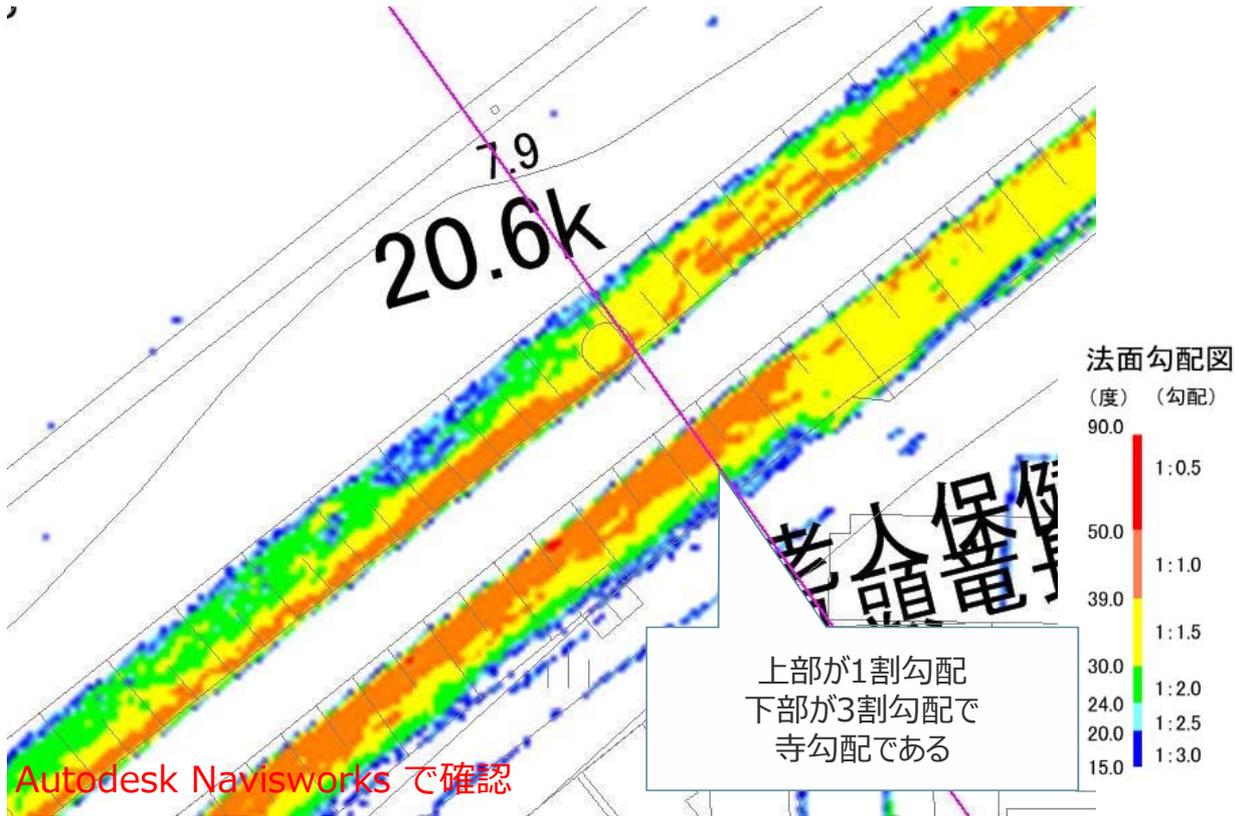


### 堤防法面形状の把握 (九頭竜川21.6 k 右岸)

CONFIDENTIAL © YACHIYO Engineering Co., Ltd.  
**YACHIYO**  
Engineering

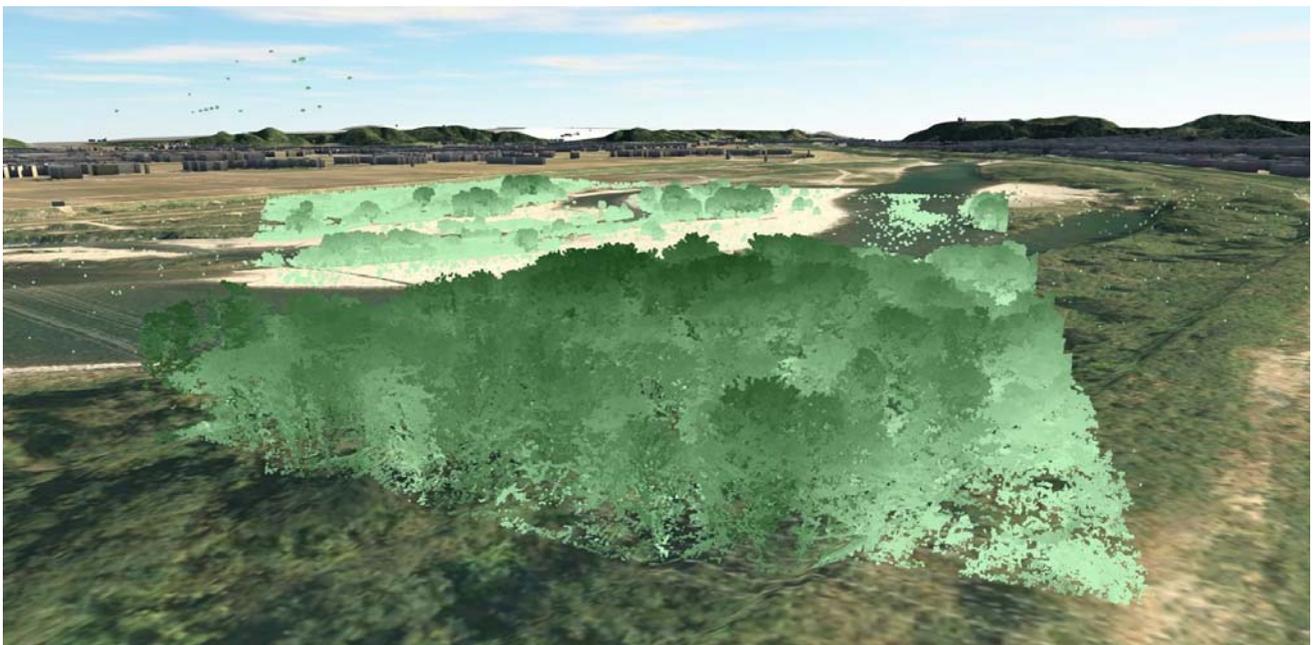


## 堤防法面形状の把握（九頭竜川20.6 k 左岸）



## 樹木管理

点群のオリジナルデータから樹木のみを自動抽出し、河道地形モデルと統合し河道内樹木管理に適用

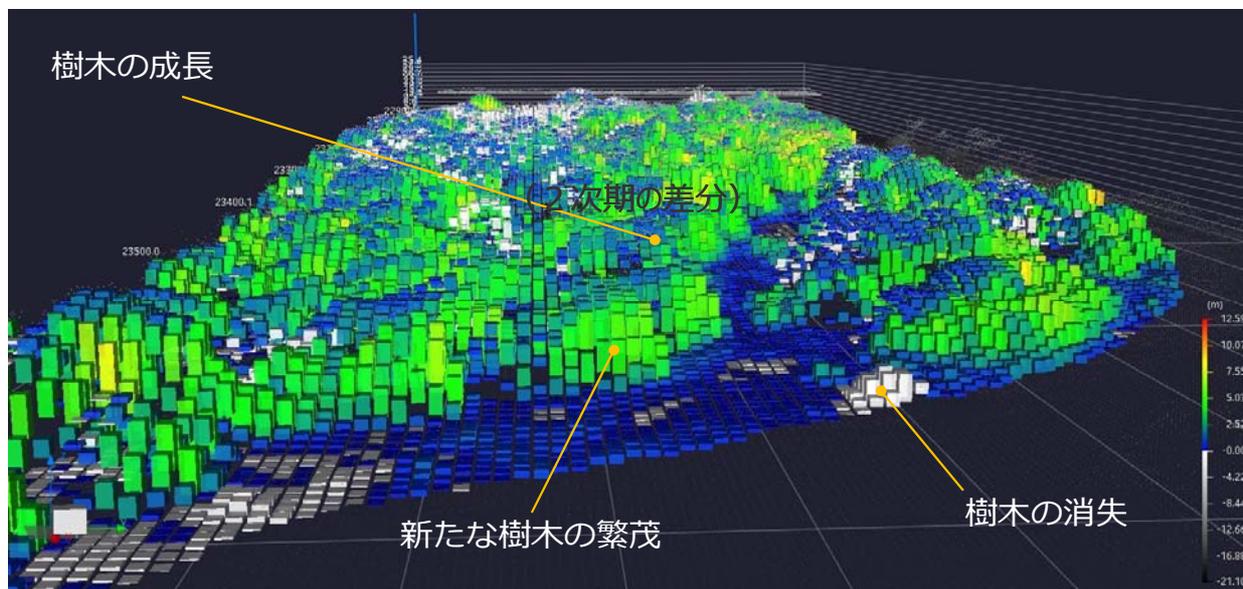


Autodesk InfraWorksで確認

## 樹木管理（2次期の差分）

2次期のレーザ計測データの差分により、河道内樹木の生長を把握し伐採計画の基礎情報とする

H25年度とH28年度との差分



## 許可工作物の3次元化

許可工作物の3次元モデリング時のLOD(Levels Of model Detail) :  
モデル詳細度

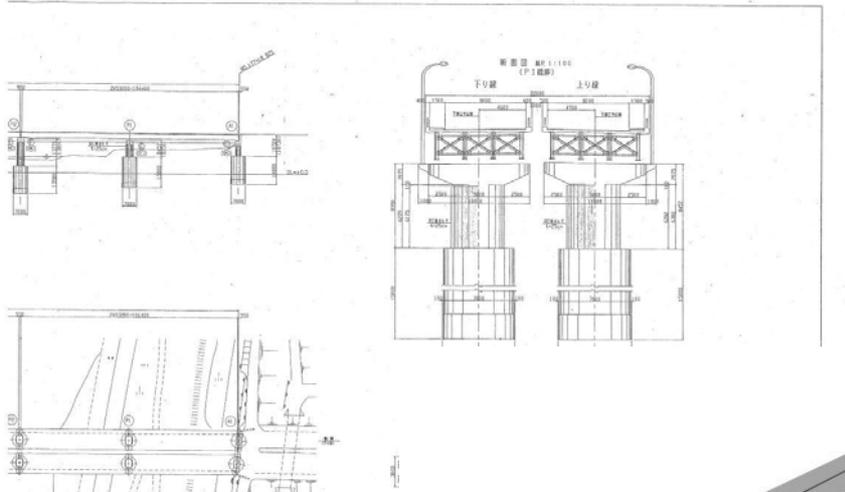
- 橋梁の場合は、径間長、計画洪水位と桁下高等の確認ができればよい。
- したがって、LODは「100」か「200」で！

詳細度	工種別の定義	
	構造物(橋梁)のモデル化	サンプル
100	対象構造物の位置を示すモデル (橋梁)橋梁の配置が分かる程度の <b>矩形形状もしくは線状</b> のモデル	
200	構造形式が確認できる程度の形状を有したモデル (橋梁)対象橋梁の構造形式が分かる程度のモデル。 上部工においては <b>一般的なスパン比等で主桁形状</b> を定める。モデル化対象は主構造程度で部材厚の情報は持たない。 下部工は地形との高さ関係から概ねの規模を想定してモデル化する。	
300	主構造の形状が正確なモデル (橋梁)計算結果を基に <b>主構造</b> をモデル化する。 <b>主構造は鋼鉄桁であれば床版、主桁、横桁、横構、対傾構</b> を指す。また、添接板等の接続部形状はここでモデル化する。 <b>下部工は外形形状および配置</b> を正確にモデル化。	
400	詳細度300に加えて <b>接続部構造や配筋</b> を含めてモデル化 (橋梁)桁に対して <b>リブや吊り金具</b> といった部材や接続部の <b>添接板の形状と配置</b> をモデル化する。また、主な <b>付属物(ジョイントや支査)の配置と外形</b> を含めてモデル化する。 <b>接続部構造</b> (ボルトはキャラクター等で表現)、床版配筋や下部工の <b>配筋</b> をモデル化する。さらに、各付属物の形状と配置を正確にモデル化する。下部工は配筋モデルを作成すると共に、付属物の配置とそれに伴う開口等の下部工の外形変化を追加する。	
500	-	-

土木分野におけるモデル詳細度  
社会基盤情報標準委員会 特別委員会より

# 福井大橋（国道8号）の例

## 許可申請図（抜粋）



福井大橋	架設年度	S46	距離標	23.0+85
	桁下高	16.933	計画高水位	15.246
	余裕高	1.687	必要余裕高	1.500
	桁下高判定	○		
	径間長	53.200	基準径間長	47.500
	径間長判定	○		



▲付与すべき構造物の属性情報

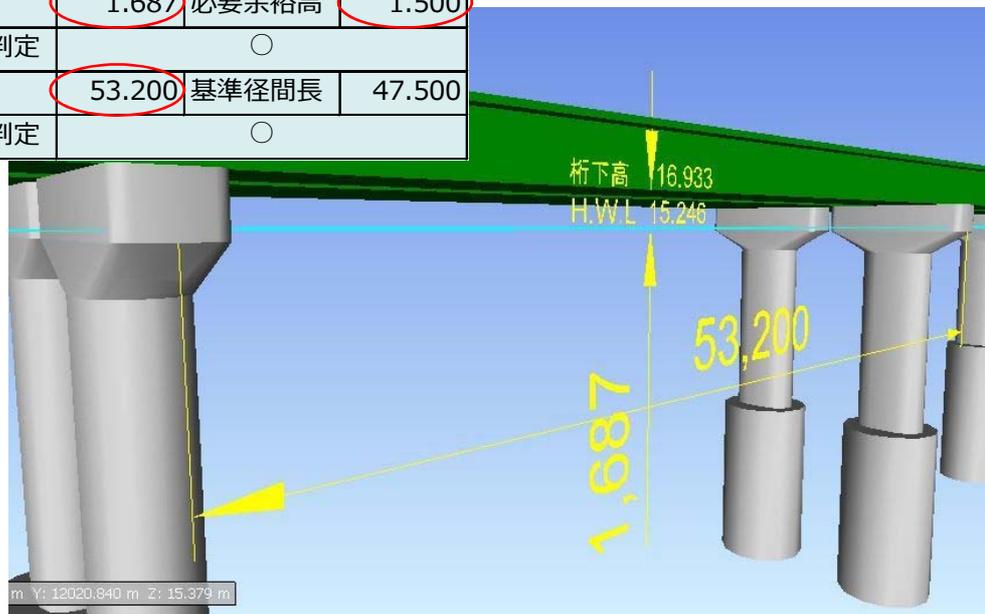
▲LOD 200で作成した橋梁

# 3次元モデルへの属性情報付与

3次元モデルに河川管理に必要な属性を付与し世界測地座標に置く

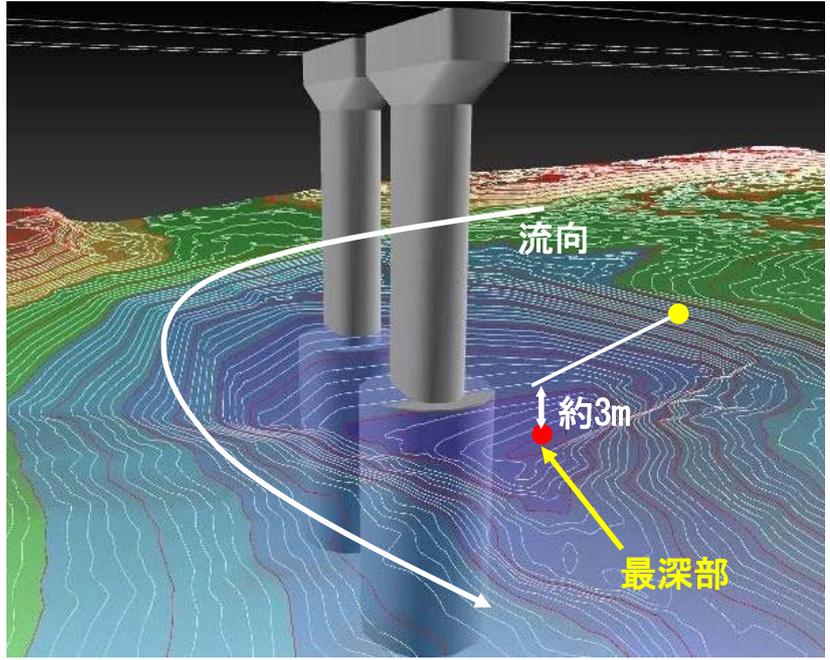
福井大橋	架設年度	S46	距離標	23.0+85
	桁下高	16.933	計画高水位	15.246
	余裕高	1.687	必要余裕高	1.500
	桁下高判定	○		
	径間長	53.200	基準径間長	47.500
	径間長判定	○		

使用ソフト：Navisworks



# 橋脚部の洗掘状況の把握

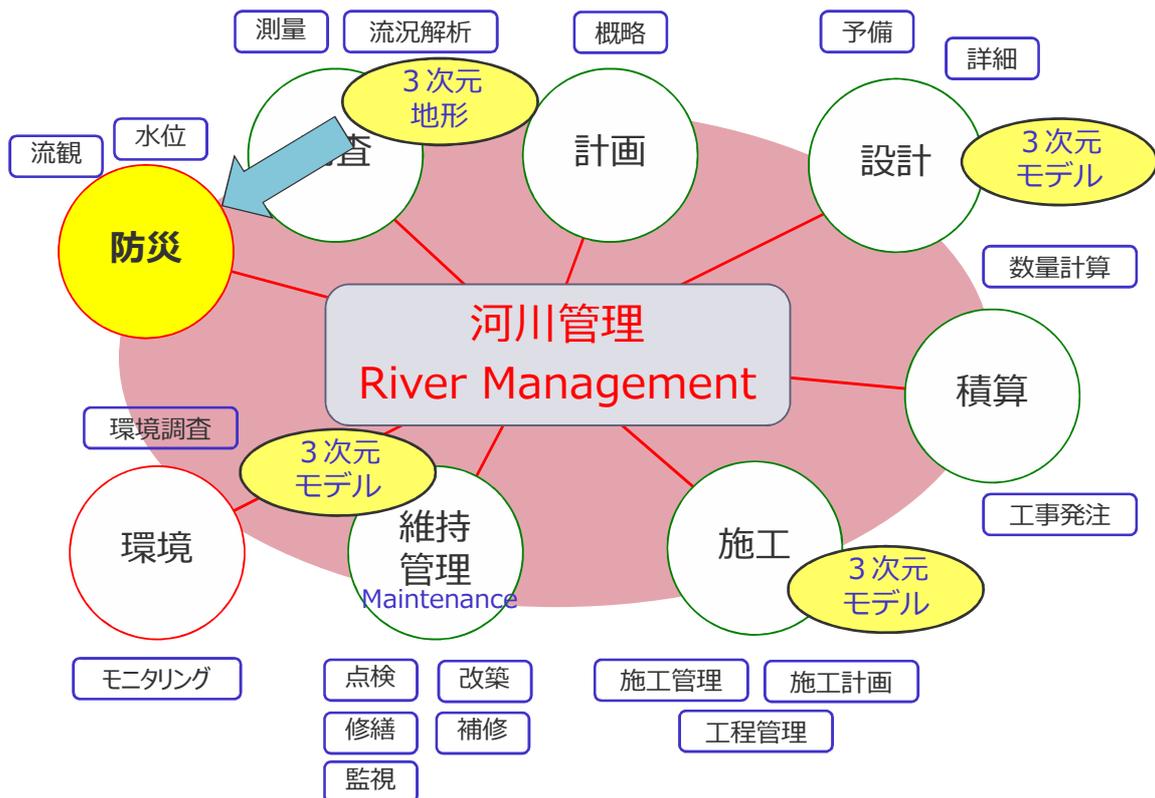
■ 比高図と任意横断により福井大橋（国道8号）の橋脚部の洗掘状況の確認



- 申請図面に基づき三次元モデルを再現
- 橋梁の構造物モデルと河道地形モデルを統合し河床高とフーチング高をチェック。結果は、問題のないことを確認

Autodesk Navisworks で確認

# 防災における 3次元データの活用



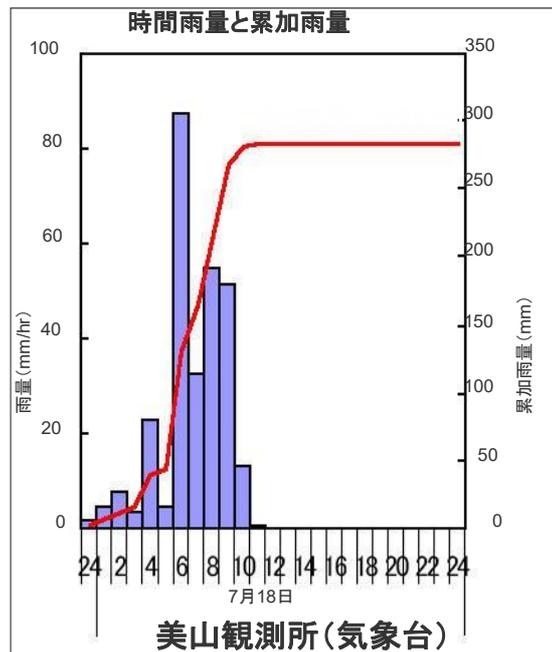
# 防災における3次元データの活用

## 洪水氾濫解析への適用 (2004福井豪雨)

# 2004福井豪雨



福井豪雨(2004.7.18)



## 洪水氾濫の再現と避難シミュレーション

### ■ 足羽川の堤防破堤による被害

- ◆ 行政や大学による調査・研究等で明らかに  
→ 福井県の検討委員会報告など
- ◆ しかし、浸水の「広がり方」が解明はできていなかった  
→ 災害時の避難経路等に必要
- ◆ 流れの解析をしたい！最適な避難ルートを導きたい！



### 「氾濫解析と避難シミュレーション」

55

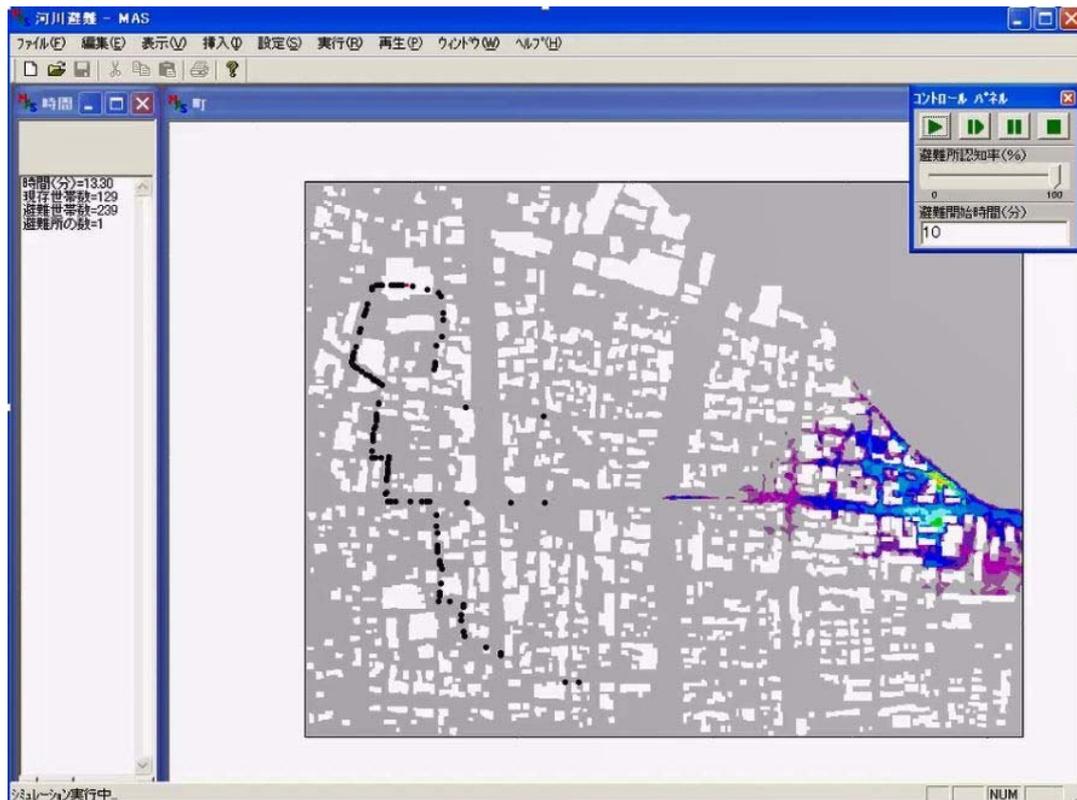
## 洪水氾濫解析時のLPデータ



56

# 洪水氾濫の再現と避難シミュレーション

CONFIDENTIAL © YACHIYO Engineering Co., Ltd.  
YACHIYO  
Engineering



57

## 河川事業におけるCIMのまとめと問題点

CONFIDENTIAL © YACHIYO Engineering Co., Ltd.  
YACHIYO  
Engineering

- 管理（Management）と維持管理（Maintenance）は別物
- 3次元化が目的になって、河川管理がおろそかになつては意味がない
- ALB、LPデータを各フェーズにおいて積極的に活用すべき
- ICT活用工事で納品されたデータは積極的に維持管理に活用すべき
- ハード・ソフトの整備と教育（スキルアップ）

58

# ALBデータを自由に使用することのできるサイト

- 福井河川国道事務所では、H28年度に計測したALBデータを公開、ダウンロードすることができる

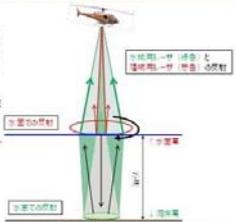
<https://www.kkr.mlit.go.jp/fukui/kasen/alb/index.html>

福井河川国道事務所 ALB

## 福井河川国道事務所

### グリーンレーザ計測データの公開について

福井河川国道事務所では、平成28年度に九頭竜川上流部定期観測断面測量業務において、グリーンレーザ(以下:ALB)による測量を試みました。ALBは、水部用と陸部用の2つのレーザを搭載し機体より同時に計測する方法で、このうち水部用のレーザは、可視域のレーザ光(緑色)を用いることで、河床の地形も計測が可能です。当事務所では、上記のALB計測より得られた3次元データを河川管理に活用するための検討テーマを再考しました。



■グリーンレーザを河川管理に活用するための検討テーマ [こちらから](#)

公開されたデータを活用するにあたり、上記の検討テーマをご一読いただき、様々な視点からの活用方法をご検討下さい。  
なお、当該データを研究や業務等で使用し、その結果を公開する場合は、「国土交通省 近畿地方整備局 福井河川国道事務所 提供データ」とのキャプションを入れて頂くよう、お願いいたします。

- データフォーマットは [こちら](#)
- 平均法負荷係数 [第0系](#)

なお、各ファイル名の位置関係は、下記のようになっています。



- ダウンロードは以下のリンク先からお願います。
- [06je553\\_2a\(2.1MB\)](#) [06je554\\_2a\(3.0MB\)](#) [06je563\\_2a\(0.7MB\)](#) [06je642\\_2a\(8.2MB\)](#)
  - [06je651\\_2a\(9.4MB\)](#) [06je652\\_2a\(5.4MB\)](#) [06je661\\_2a\(13.8MB\)](#) [06je662\\_2a\(11.2MB\)](#)
  - [06je663\\_2a\(0.1MB\)](#) [06je664\\_2a\(0.1MB\)](#) [06je671\\_2a\(3.1MB\)](#)

ダウンロードし、どのようなデータなのか確認してみては！