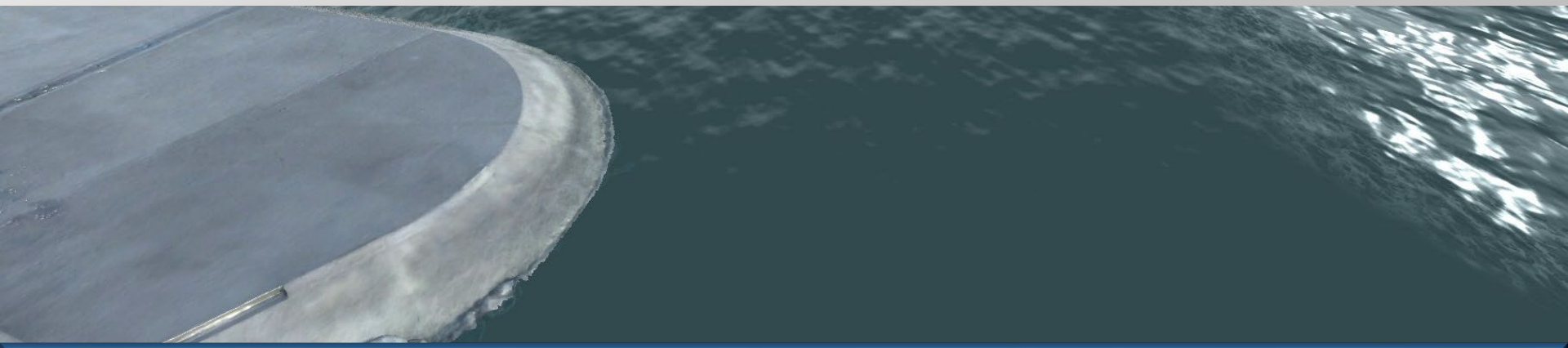
社会基盤構造物の3Dモデリングについて
【データの収集・処理・活用】



NAGAOKA
University of Technology

【環境社会基盤系　コンクリート研究室】
長岡技術科学大学　准教授
中村文則

【本日の講義内容】
社会基盤構造物の3Dモデリング

本日の講義内容

(1) 写真を利用した社会基盤構造物の3Dモデル化について
（フォトグラメトリーの紹介）

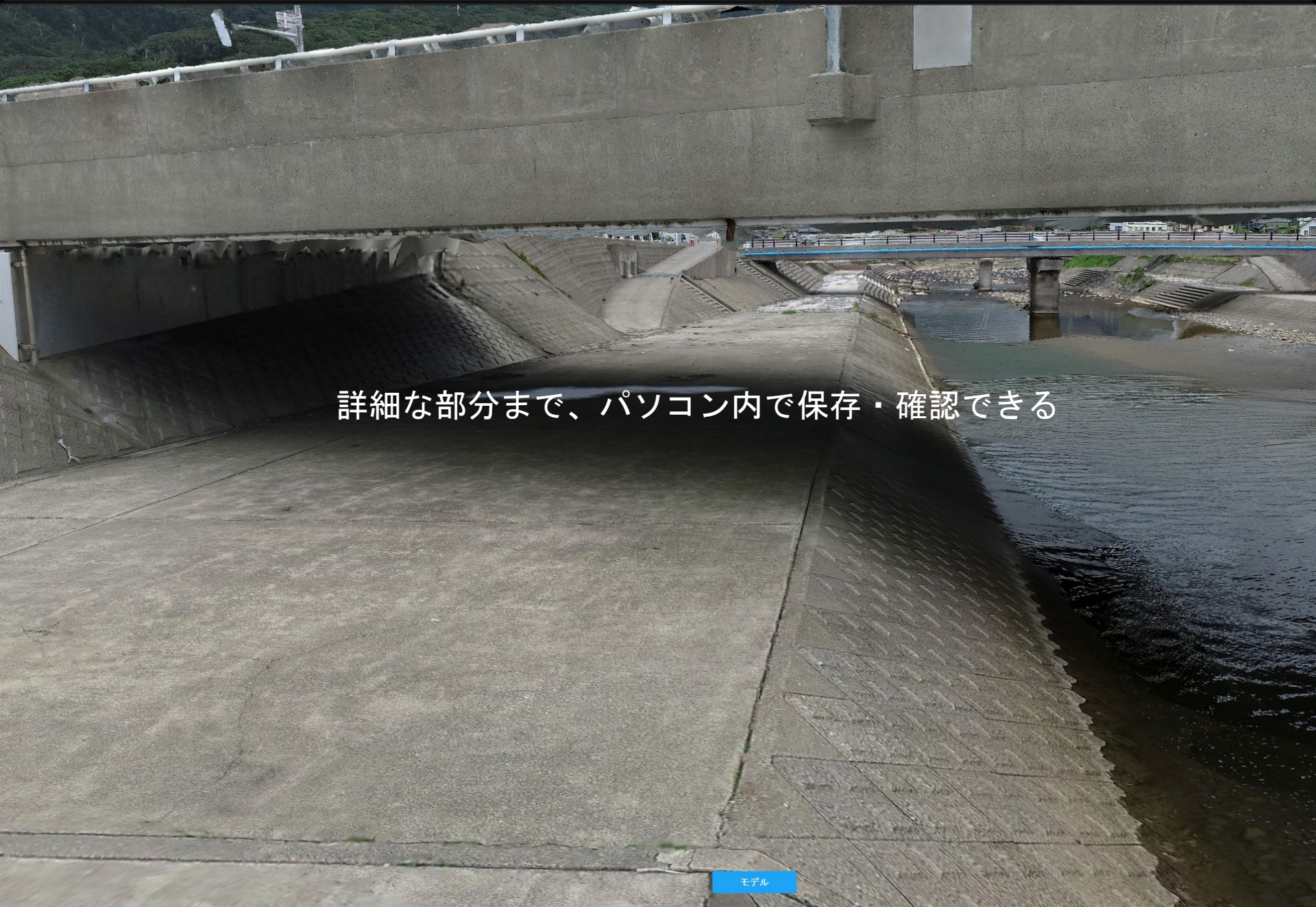
(2) 社会基盤構造物の3Dモデルの構築方法について

(3) 社会基盤構造物の3Dモデルの最新研究への応用

（1）写真を利用した社会基盤構造物の3Dモデル化について

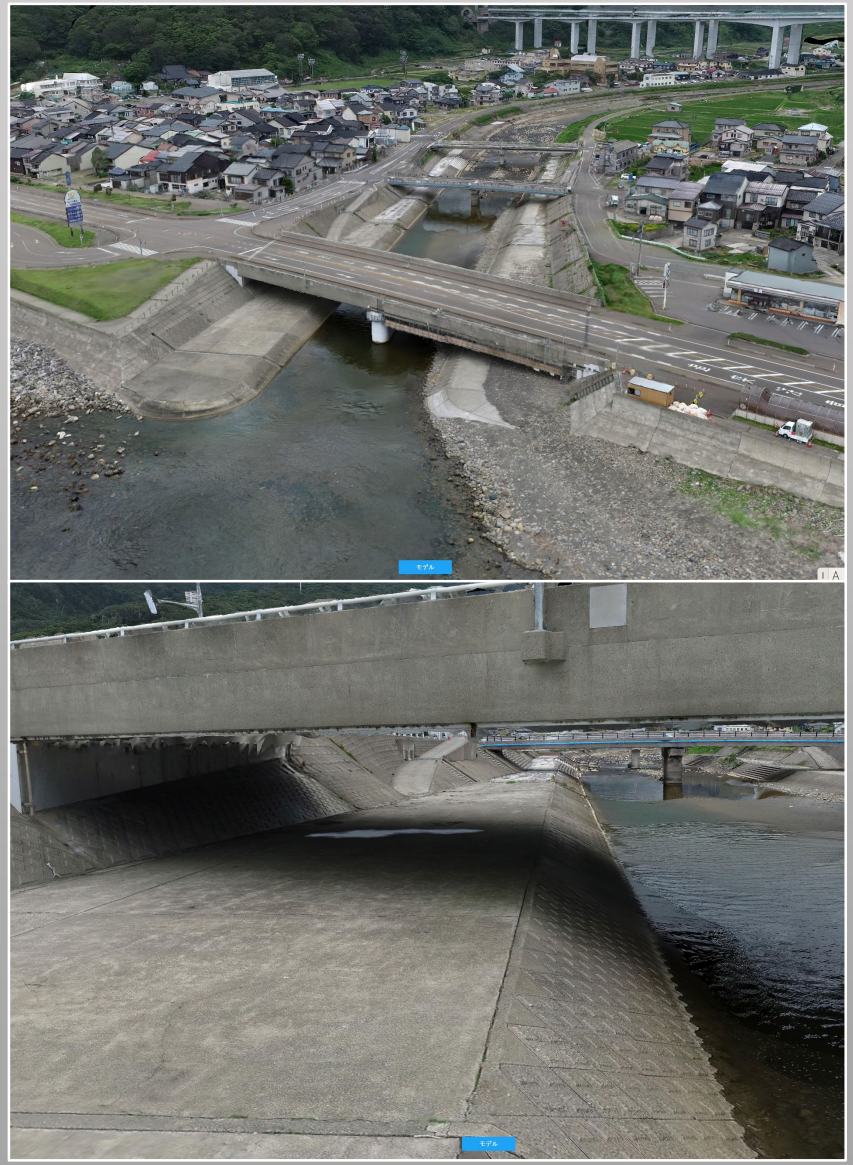
（1）写真を利用した社会基盤構造物の3Dモデル化について

（1）写真を利用した社会基盤構造物の3Dモデル化について

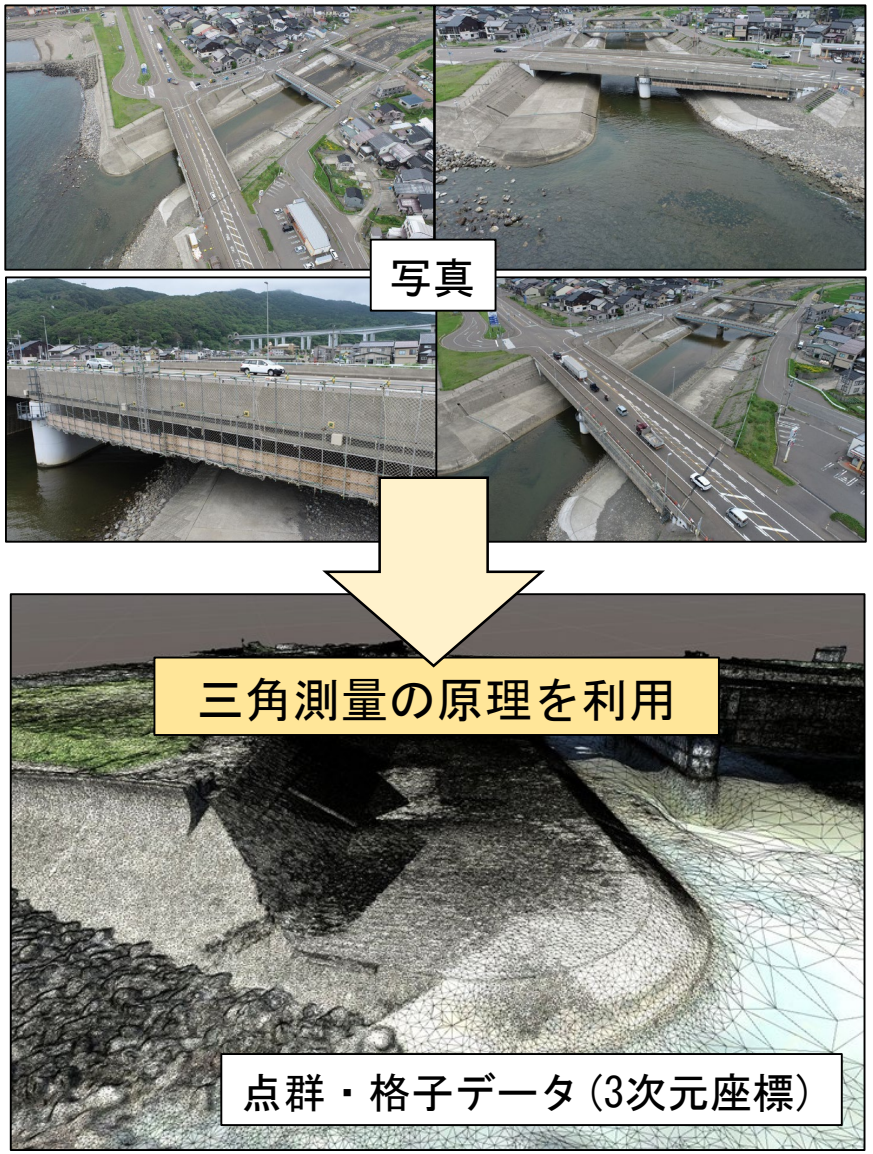


(2) 社会基盤構造物の3Dモデルの構築方法について

【3Dモデル】フォトグラメトリー



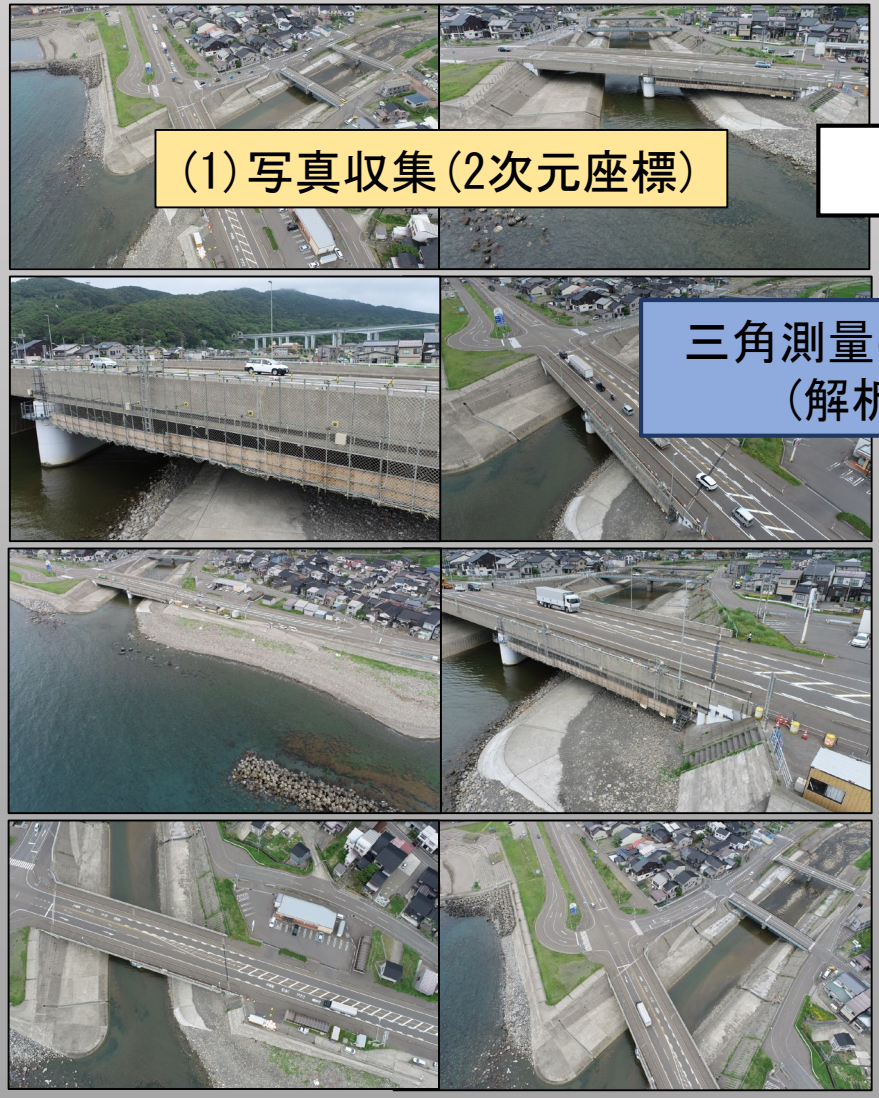
■どのように作成されているのか



(2) 社会基盤構造物の3Dモデルの構築方法

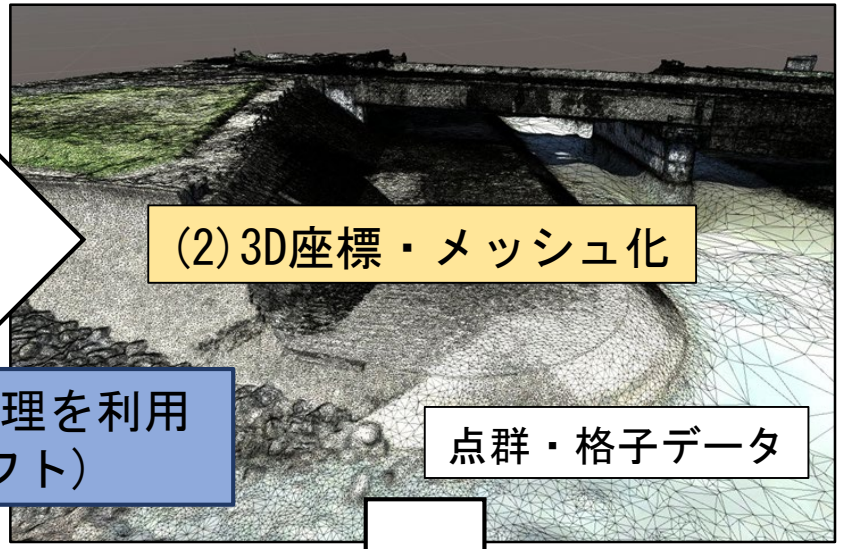
【3Dモデル】フォトグラメトリー

■3Dモデル構築方法・手順



(1)写真収集(2次元座標)

三角測量の原理を利用
(解析ソフト)



(2)3D座標・メッシュ化

点群・格子データ

写真の貼り付け

(3)テキスチャー(色・画像)を配置

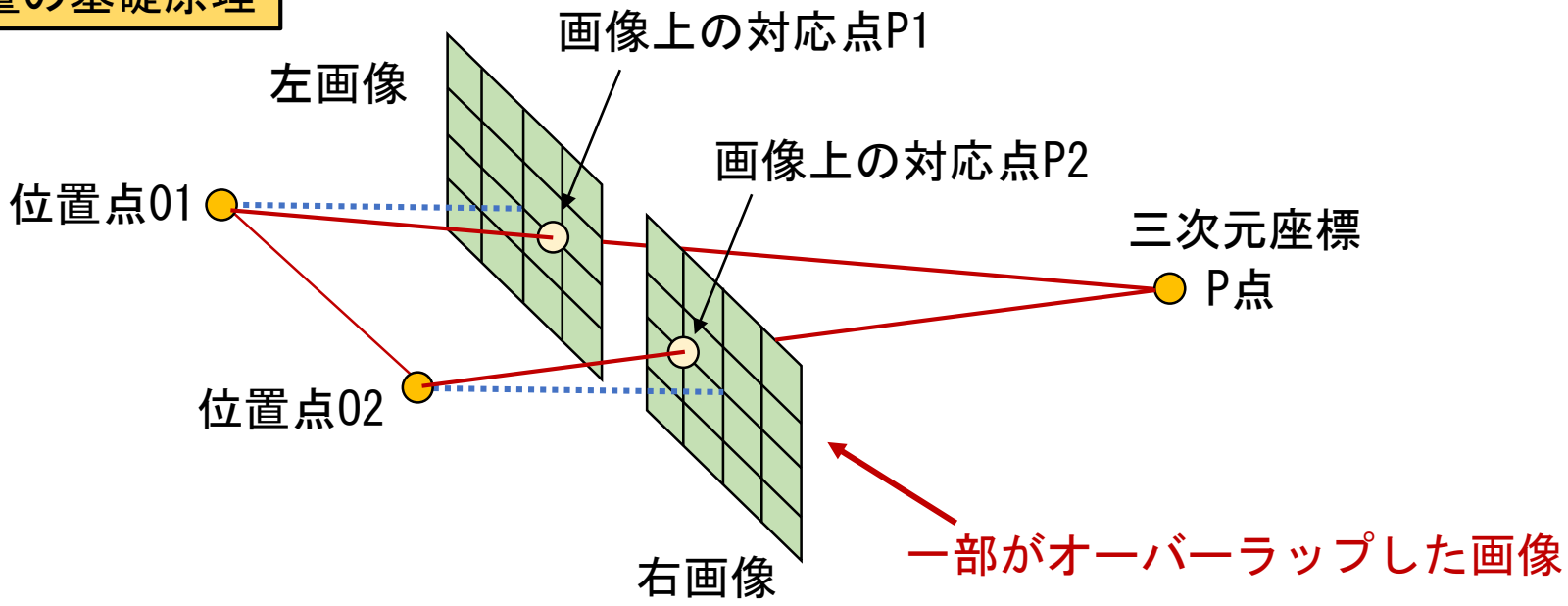
(2) 社会基盤構造物の3Dモデルの構築方法

フォトグラメトリ(写真測量)による3次元座標解析の原理

写真測量の原理は、デジタルカメラなどで撮影した左右2枚の画像を用いて3次元計測を行うものである。

左右の異なる位置01、02から対象を撮影し、画像上の対応点P1、P2を計測して、三角測量の原理により、対象の3次元座標Pが求められる。

写真測量の基礎原理



人間が左右の目でものを立体的にみるのと同じように、両眼に対応する2枚の画像に三角測量法を適用して3次元位置を求める手法です。

(2) 社会基盤構造物の3Dモデルの構築方法

フォトグラメトリ(写真測量)の測定精度

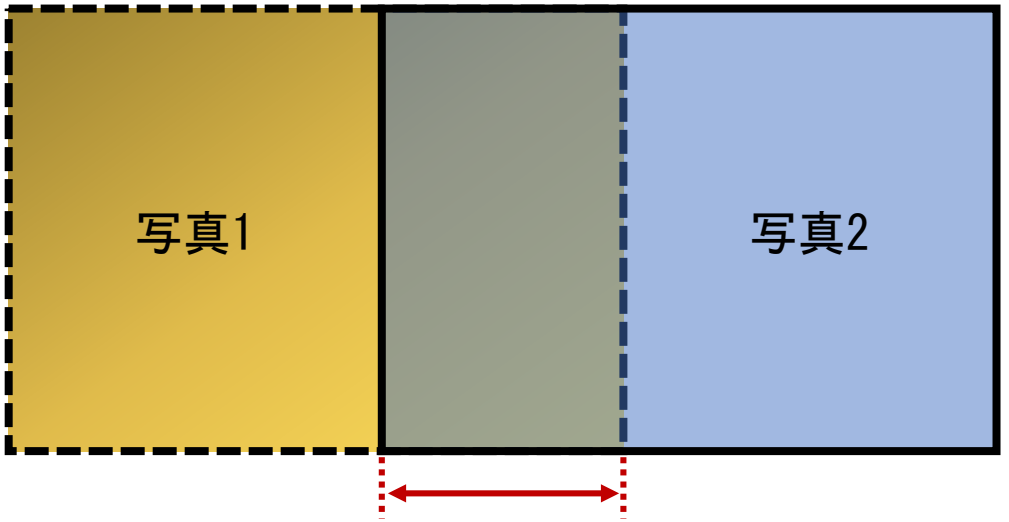
精度

撮影距離に対して、およそ1/5,000～1/20,000。
(撮影距離5mで1mm以下の精度で計測が可能となる。)

誤差に影響する事項

写真測量であれば写真の品質、オーバーラップの取り方、
地上基準点の設置の方法が影響

【写真の品質】
解像度・ひずみ



【オーバーラップ】

(2) 社会基盤構造物の3Dモデルの構築方法

フォトグラメトリ(写真測量)の利点・欠点

利点

・安価
・簡単にモデル化できる
・テキスチャーがそのまま利用できる

100万円未満の初期コストで、数cmの分解能を持つ地図成果
（オルソモザイク画像、地表面標高モデル）を得ることができる。

欠点

・物体は、下記の場合には向かない。
1)透明なもの
2)テクスチャーが弱い・ないもの（ex.ホワイトボード）
3)光沢が強いもの等

水面および河床・海底地形などは
全く測定できない

※このようなものはレーザー測量がよい

3Dモデル構築方法・手順について
【実践編】

(2) 社会基盤構造物の3Dモデルの構築方法

写真を利用した3Dモデルの構築の手順

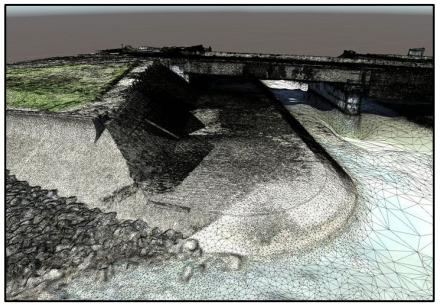
1) 3Dモデルの構築するための写真の収集

■空撮(ドローンなど)

■写真(デジタルカメラ・スマートホン)

■動画(デジタルビデオ・スマートホン)

2) 収集した写真から3Dモデルを構築



■3Dモデル(三次元座標)の構築
(点群・メッシュデータ化)

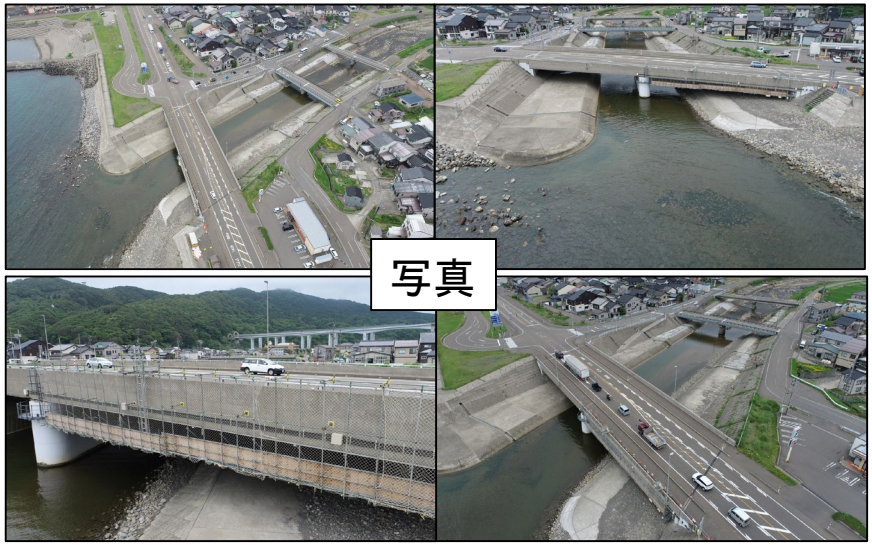
3) 構築した3Dモデルを可視化

■3Dモデルの可視化

(2) 社会基盤構造物の3Dモデルの構築方法について

3Dモデルの構築準備と機材

(1)対象とする構造物周辺の写真の収集



写真を撮影する機材

■ドローン
■スマートホン
■デジタルカメラ(GPSなしでもよい)

※デジタルビデオ(動画)でもできる

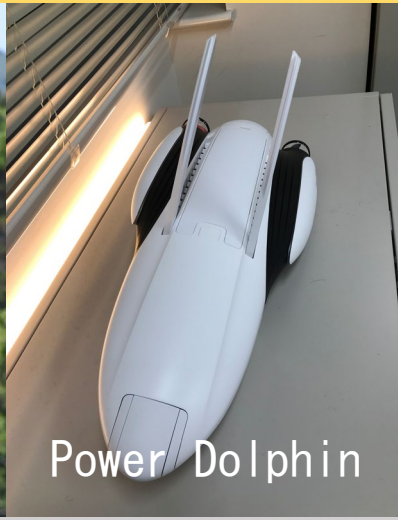
【ドローン】空撮

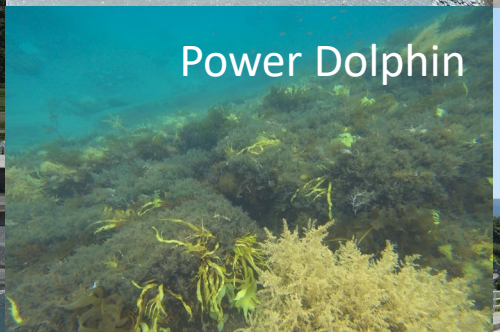
【デジタルカメラ】

(GPSなしでもよい・高い位置は自撮棒使用)

(2) 社会基盤構造物の3Dモデルの構築方法

ドローン(空撮)





(2) 社会基盤構造物の3Dモデルの構築方法

デジタルカメラ・スマートホン

IXY 650(2020万画素)

GPSアリ

RICOH WG-7(2000万画素)

Nikon D850(4575万画素)

普通の写真

普通のデジカメで問題なし(スマートホンでもよい)

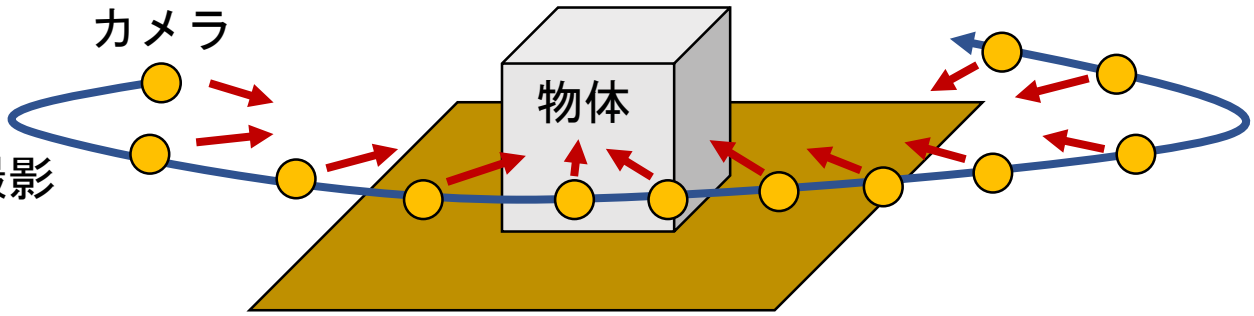
(2) 社会基盤構造物の3Dモデルの構築方法

■写真の撮影方法

写真の撮影方法

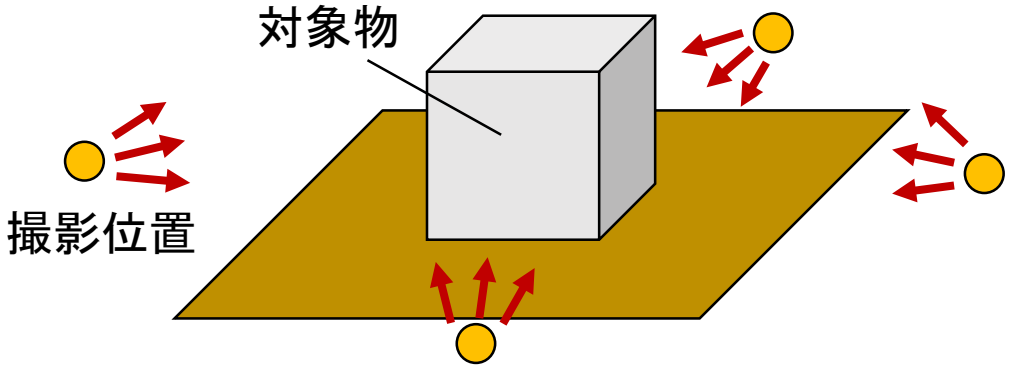
精度が向上

対象物を中心に
回り混むように撮影



精度が低下

同様の位置から
多数撮影



※GPS機能がない通常のカメラでも問題なし
※ズームなどを使用しないほうがよい

(2) 社会基盤構造物の3Dモデルの構築方法

写真を利用した3Dモデルの構築の手順

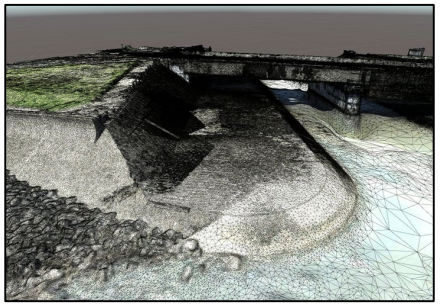
1) 3Dモデルの構築するための写真の収集

■空撮(ドローンなど)

■写真(デジタルカメラ・スマートホン)

■動画(デジタルビデオ・スマートホン)

2) 収集した写真から3Dモデルを構築



■3Dモデル(三次元座標)の構築
(点群・メッシュデータ化)

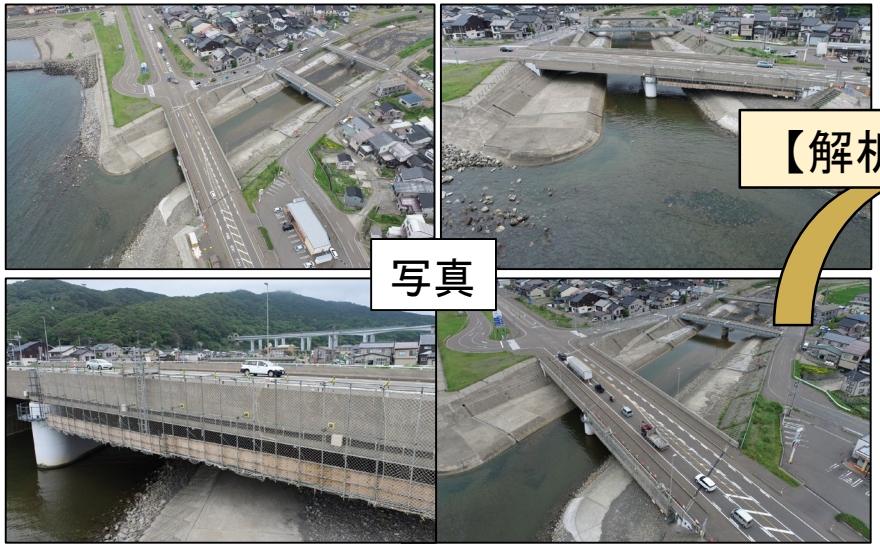
3) 構築した3Dモデルを可視化

■3Dモデルの可視化

(2) 社会基盤構造物の3Dモデルの構築方法について

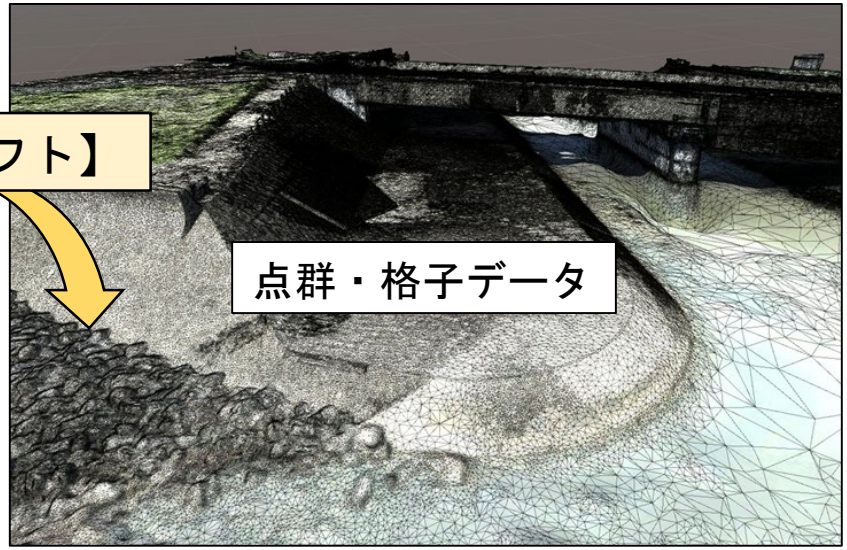
3Dモデルの構築準備と機材

(1)対象とする構造物周辺の写真の収集



【解析ソフト】

(2)写真から3Dモデルを構築



写真を撮影する機材

■デジタルカメラ(GPSなしでもよい)
■スマートホン
■ドローン

※デジタルビデオ(動画)でもできる

■近年、「PCの性能・画像処理技術」の向上により、使用しやすくなった

(無料のものでも質が高い)

※高専でも十分に構築可能

(2) 社会基盤構造物の3Dモデルの構築方法

フォトグラメトリー(写真測量)のソフト

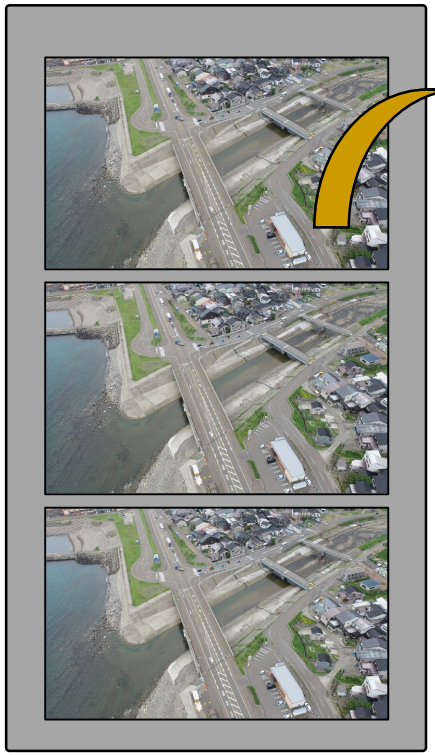
ソフト	価格	特　徴
3DF Zephyr	無料	■無料体験版がある ■使用方法の資料が多い
COLMAP	無料	■研究用に開発されたソフト ■品質が高い特徴がある
Meshroom	無料	■無料オープンソース ■初心者でも使用さやすい
MicMac	無料	■無料オープンソース ■詳細なガイドがある(英語)
Metashape	10万円程度 (アカデミック)	■ユーザーが多い ■比較的使用しやすい・日本語もあり
DJI Terra	50万円程度 (毎年8万円)	■値段が高い ■品質は非常に高い

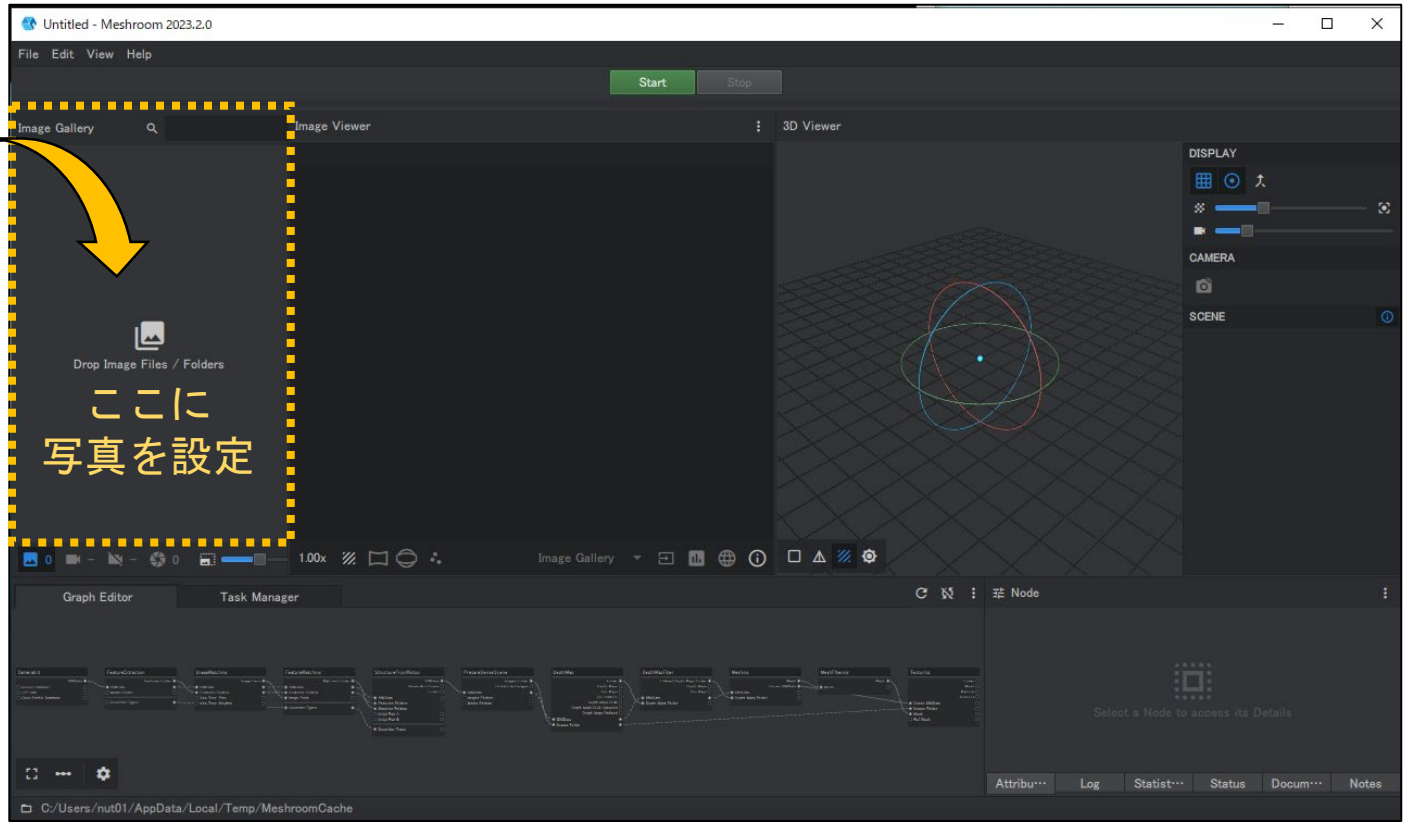
(2) 社会基盤構造物の3Dモデルの構築方法

Meshroom(無料：ダウンロードのみで使用できる)

Meshroom.
exe

クリックしてソフトを起動。以下のような画面となるため写真を設定



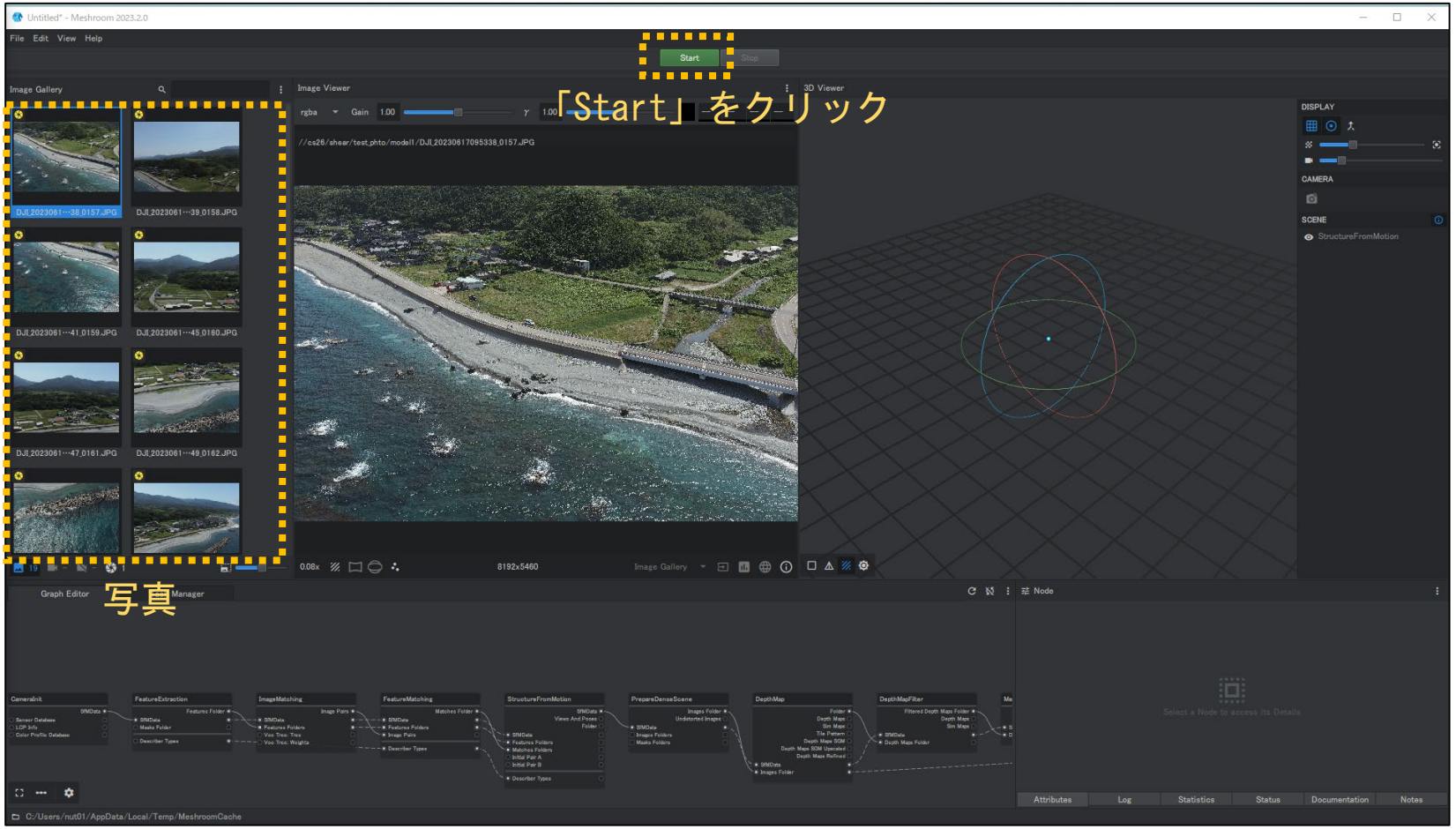


(2) 社会基盤構造物の3Dモデルの構築方法

Meshroom(無料：ダウンロードのみで使用できる)

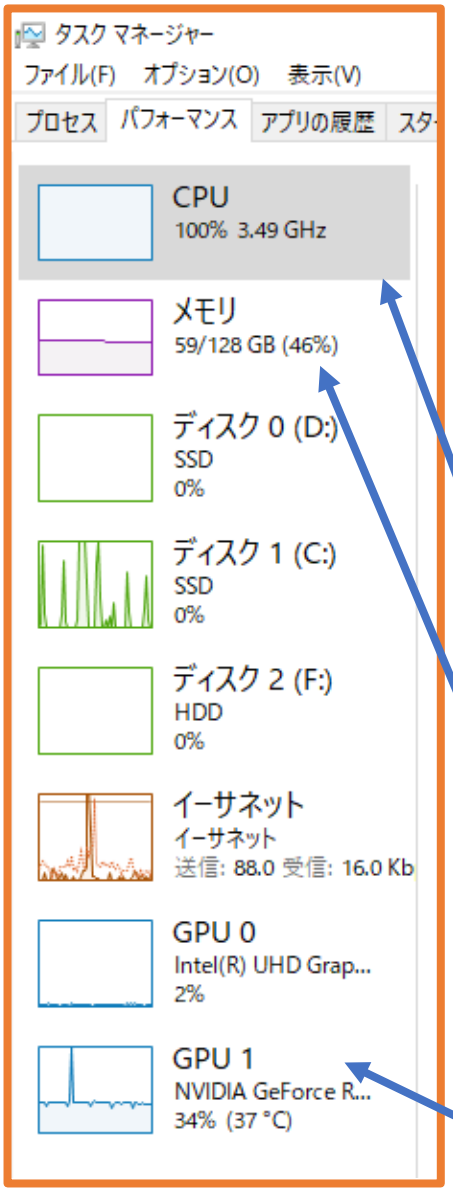
写真が設定されたら「Start」をクリック　→　3Dモデルの作成が開始される

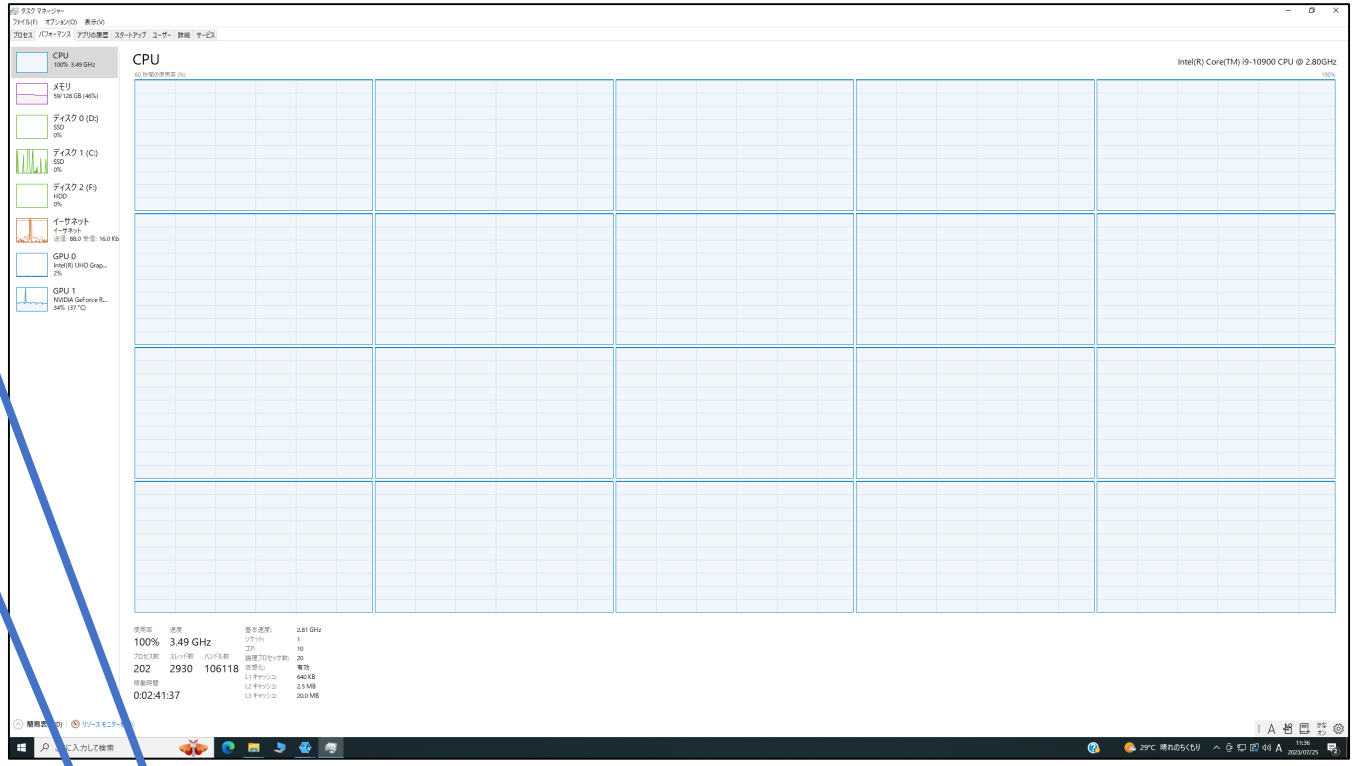
※時間がかかるが待っていると3Dモデルが構築される



(2) 社会基盤構造物の3Dモデルの構築方法

写真を大量に設定するとパソコンの負荷が大きいので注意





CPUが100%(20個使用)

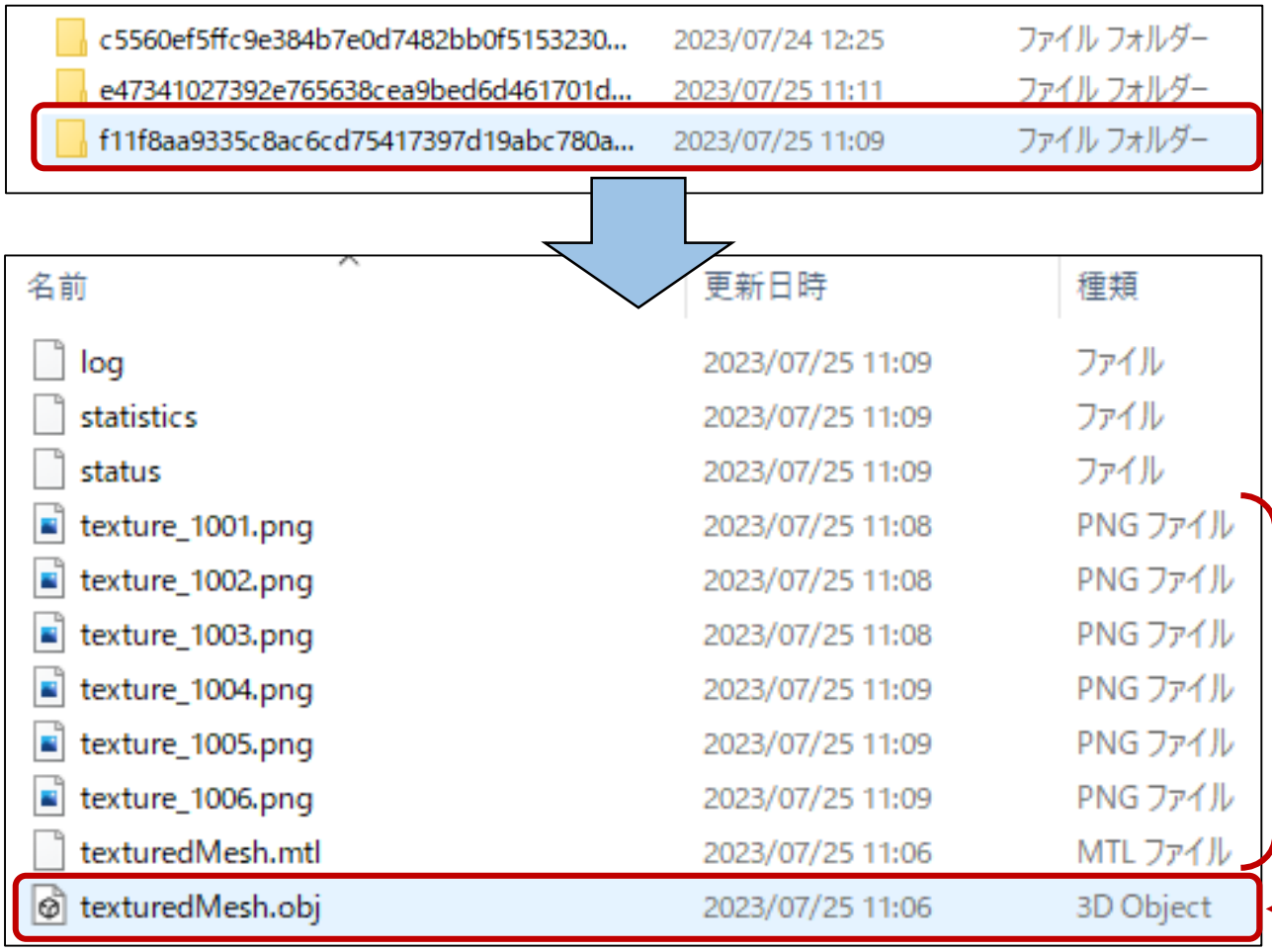
メモリーが59GB使用

グラフィックボードも若干使用
(グラフィックボートがなくてもできるが、あったほうが処理が速い)

(2) 社会基盤構造物の3Dモデルの構築方法

文字が並んでいるフォルダが作成されるので、作成した時間のものを選ぶ

(例えば、7月25日11時頃に作業をした場合)



テキスチャーファイル
(物体の色)

オブジェクトファイル
(物体・地形形状)

(2) 社会基盤構造物の3Dモデルの構築方法

オブジェクトファイルを「3DViewer(Windowsに入っているソフト)」で開く

(2) 社会基盤構造物の3Dモデルの構築方法

写真を利用した3Dモデルの構築の手順

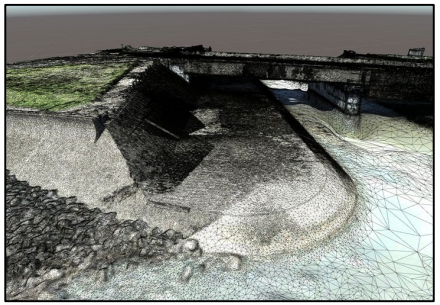
1) 3Dモデルの構築するための写真の収集

■空撮(ドローンなど)

■写真(デジタルカメラ・スマートホン)

■動画(デジタルビデオ・スマートホン)

2) 収集した写真から3Dモデルを構築



■3Dモデル(三次元座標)の構築
(点群・メッシュデータ化)

3) 構築した3Dモデルを可視化

■3Dモデルの可視化

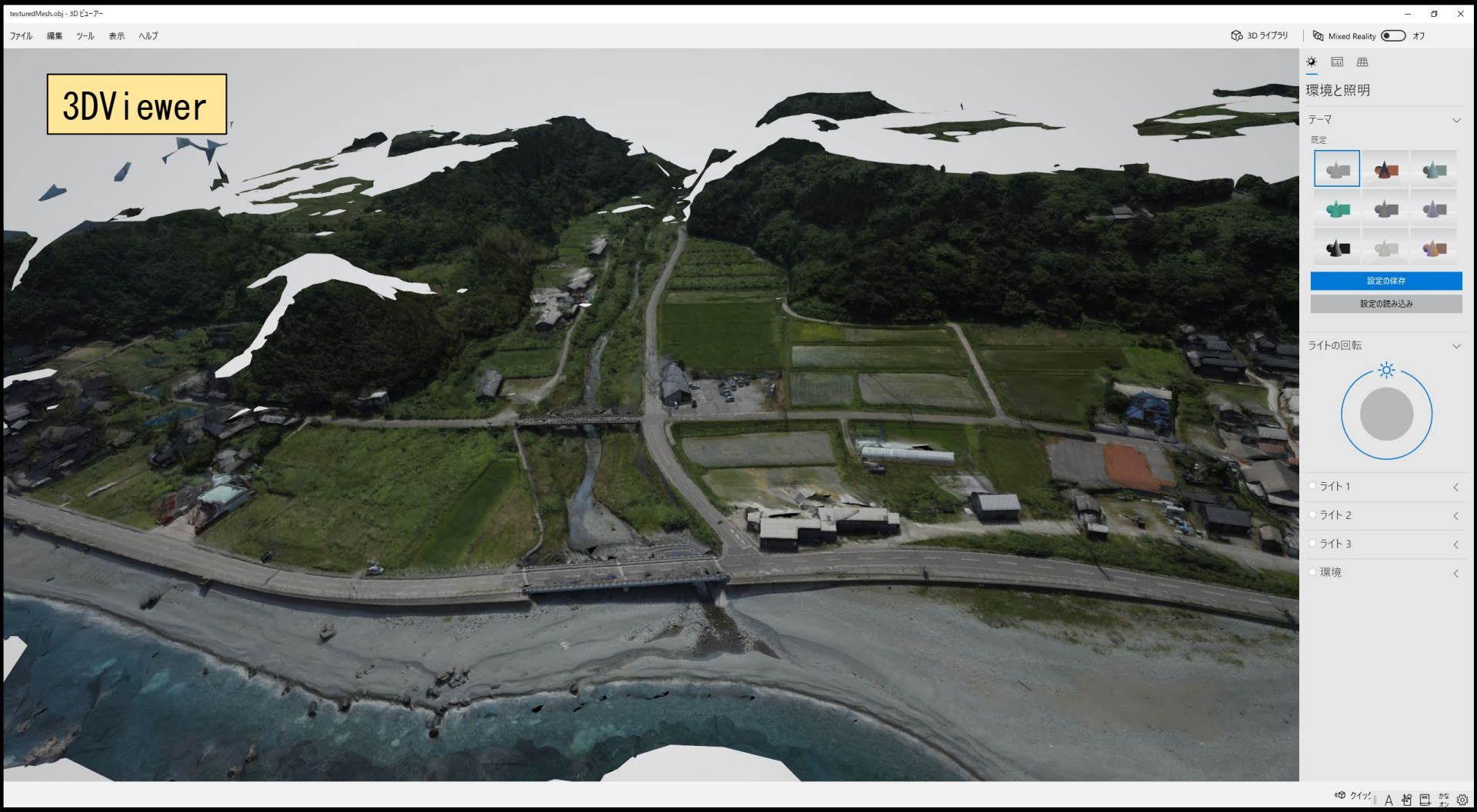
(2) 社会基盤構造物の3Dモデルの構築方法

構築した3Dモデルの編集・可視化

ソフト	価格	特　徴
3DViewer	無料	■Windowsにインストール済み ■可視化のみ
CloudCompare	無料	■3Dモデル(点群・格子データ)の編集可能 ■使用している人が多い
Blender	無料	■3Dモデルの編集可能 ■テキスチャー(画像)の再設定も可能 ■CGの作成も可能 ■使用方法が若干複雑
Fusion 360	有料 (無料)	■クオリティが高い ■AutoCADとの連携が高い

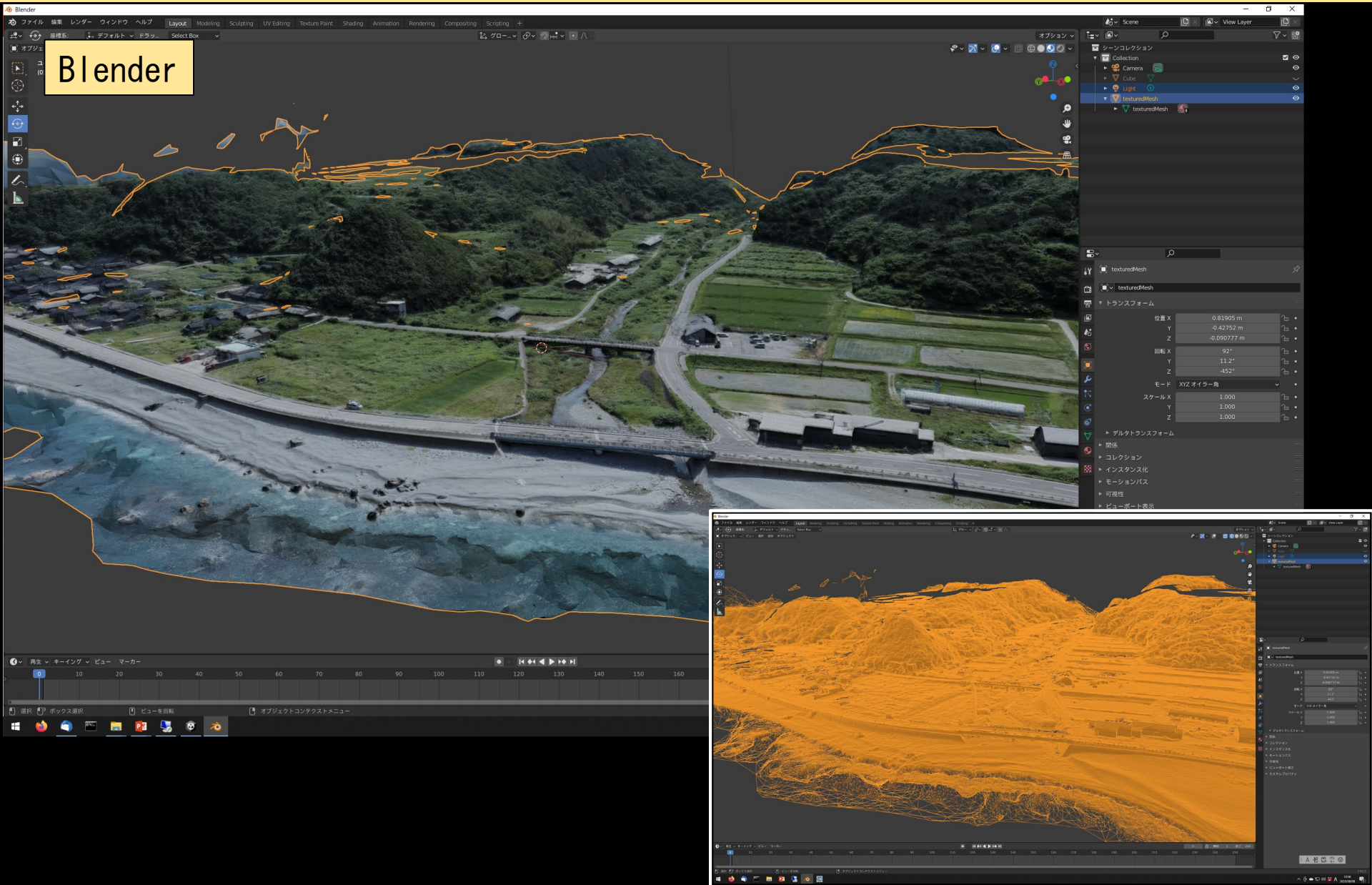
(2) 社会基盤構造物の3Dモデルの構築方法

3Dモデルの可視化(オブジェクト・メッシュ・点群)



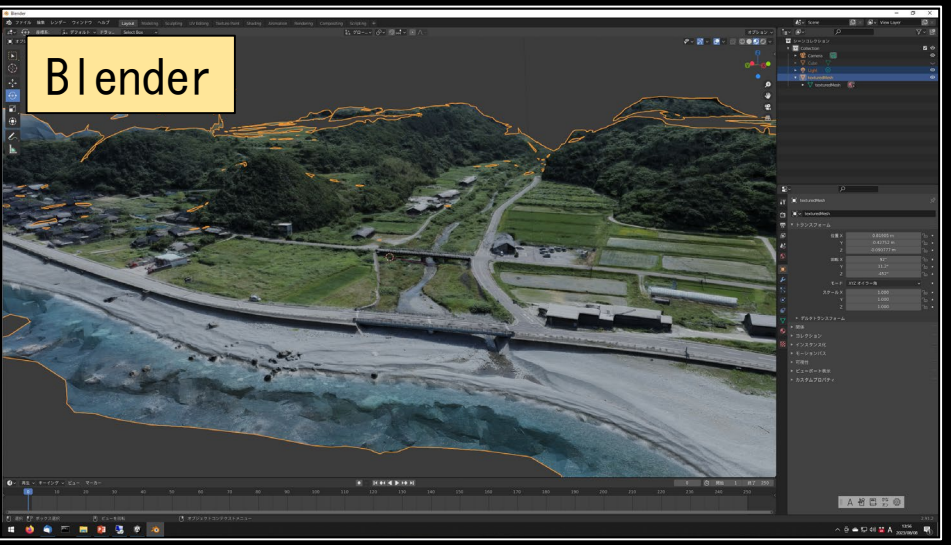
(2) 社会基盤構造物の3Dモデルの構築方法

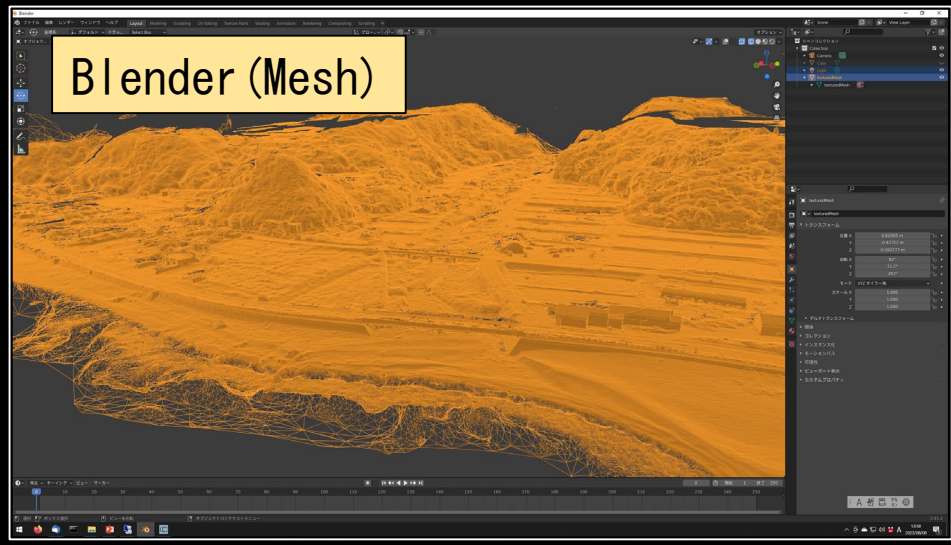
3Dモデルの可視化(オブジェクト・メッシュ・点群)

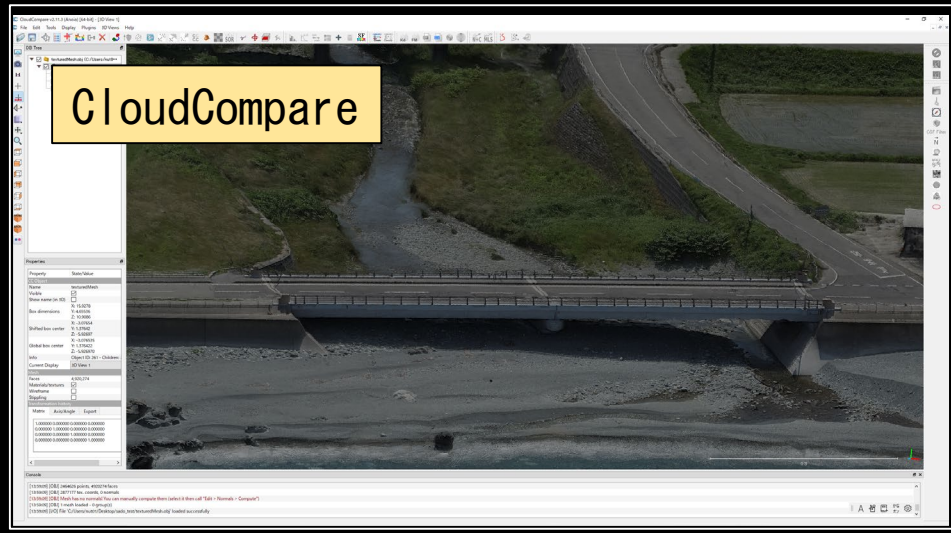


(2) 社会基盤構造物の3Dモデルの構築方法

3Dモデルの可視化(オブジェクト・メッシュ・点群)

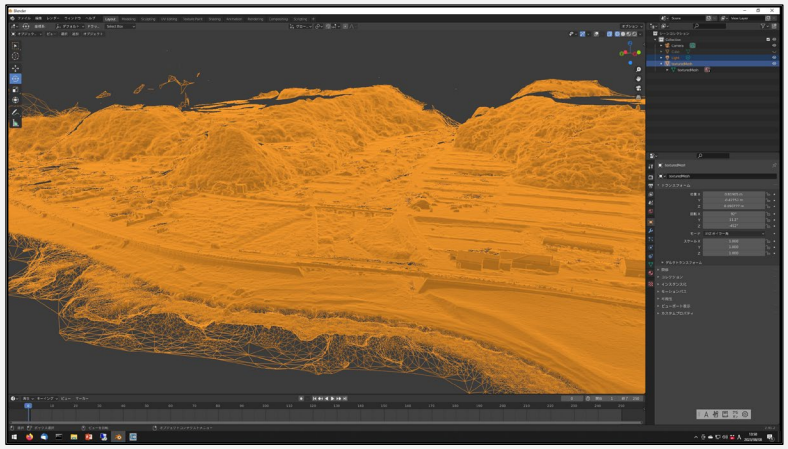






(2) 社会基盤構造物の3Dモデルの構築方法

3Dモデルの可視化(オブジェクト・メッシュ・点群)

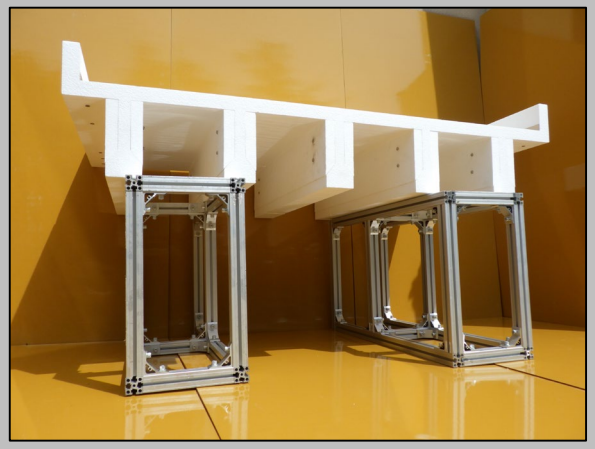


作成したデータ

ファイル形式　obj、fbx、flx　など

(オブジェクトファイル：格子データ・点群)

※CADデータとの組み合わせも可能



3Dプリンターによる
実験模型作成

数値解析の地形条件

メタバース
(3次元仮想空間)

(2) 社会基盤構造物の3Dモデルの構築方法

構築した3Dモデルの可視化・操作など

ゲームエンジンを利用するとメタバース(仮想現実空間)などが簡易的に構築できる

ソフト	価格	特　徴
Unity	無料	■オンライン化が可能 ■使用している人が多い ■物理モデルが組み込める
Unreal Engine	無料	

(2) 社会基盤構造物の3Dモデルの構築方法

近年、3Dモデルは簡単に構築することが可能

(3)社会基盤構造物の3Dモデルの最新研究への応用

【仮想現実の社会基盤構造物への応用例】

(3) 社会基盤構造物の3Dモデルの最新研究への応用

3Dモデル構築ソフトが飛躍的に発達したため
近年、3Dモデルの構築だけでは新規性のある研究活動になりにくい

3Dモデル

3次元計測データ・3Dモデル

実装

数値シミュレーション

3次元予測シミュレーション

【仮想的な3次元数値空間(仮想現実空間)で過去・現在・将来を予測】

(3) 社会基盤構造物の3Dモデルの最新研究への応用

長岡技術科学大学構内
（基礎実験）

25m

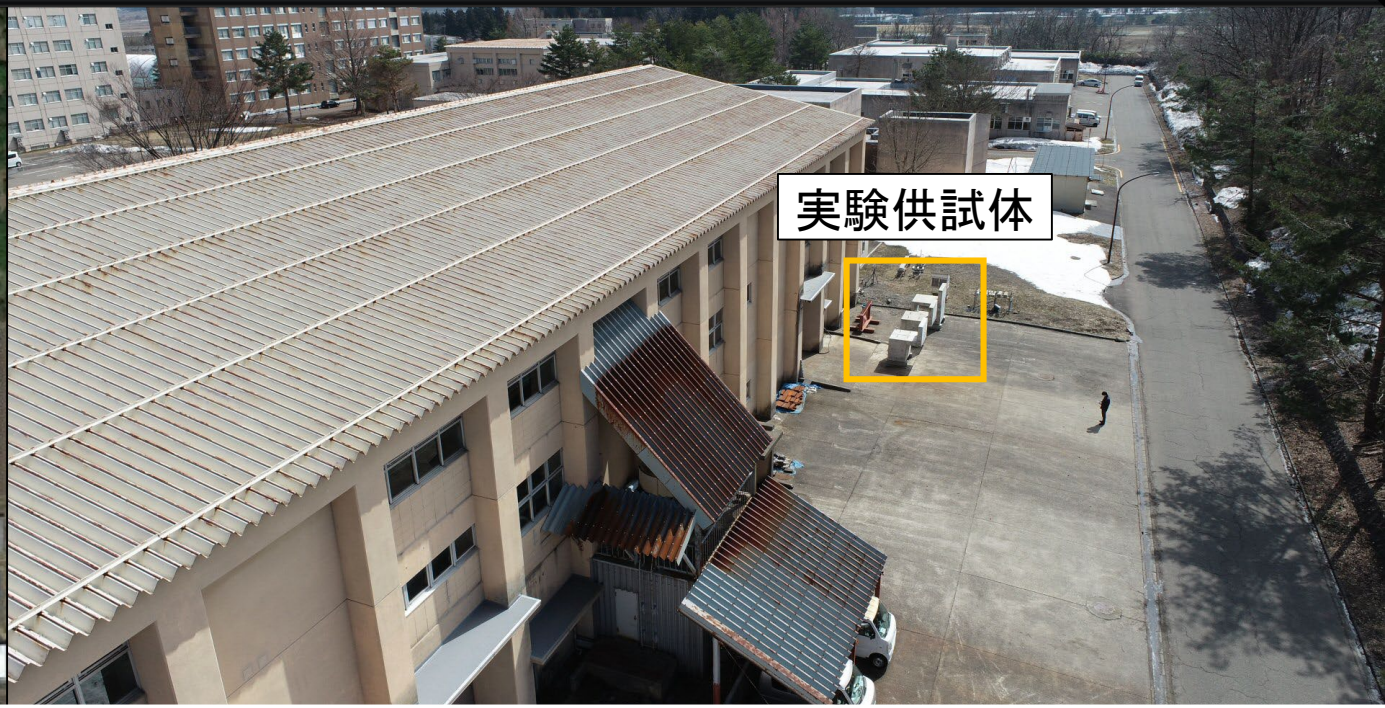
50m

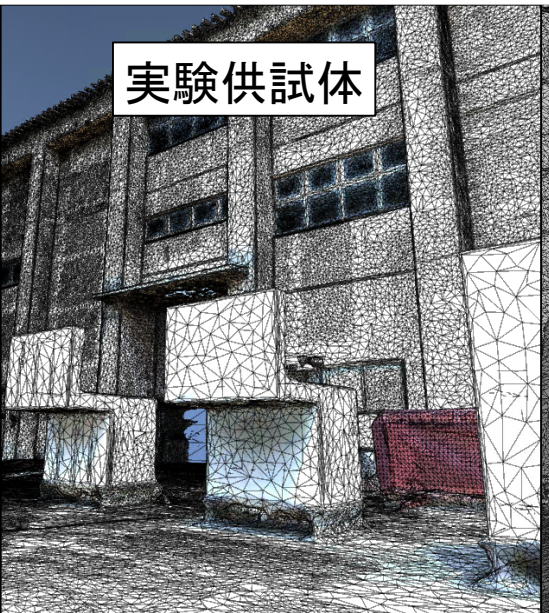
仮想空間化

屋外実験場

コンクリート構造物

(3) 社会基盤構造物の3Dモデルの最新研究への応用





(3) 仮想空間技術を応用した環境作用の管理

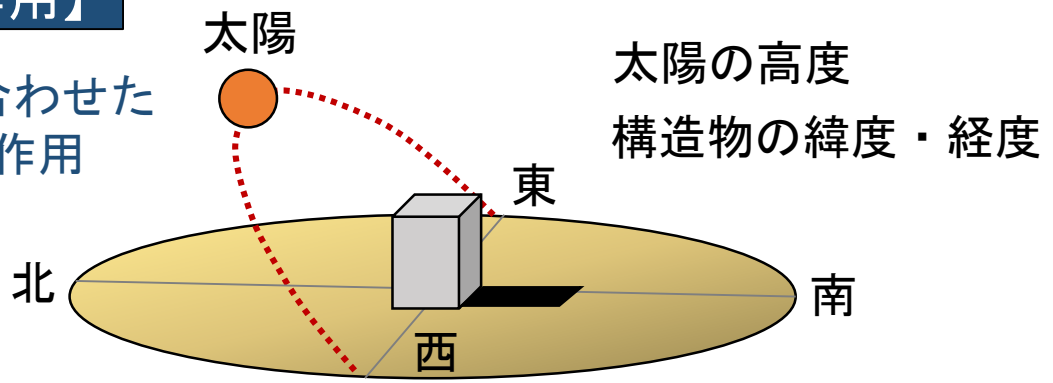
(3) 社会基盤構造物の3Dモデルの最新研究への応用

構造物・地形形状 ＋【日射】

日射による影
（時間変化に対応）

【日射作用】

時間に合わせた
日射作用



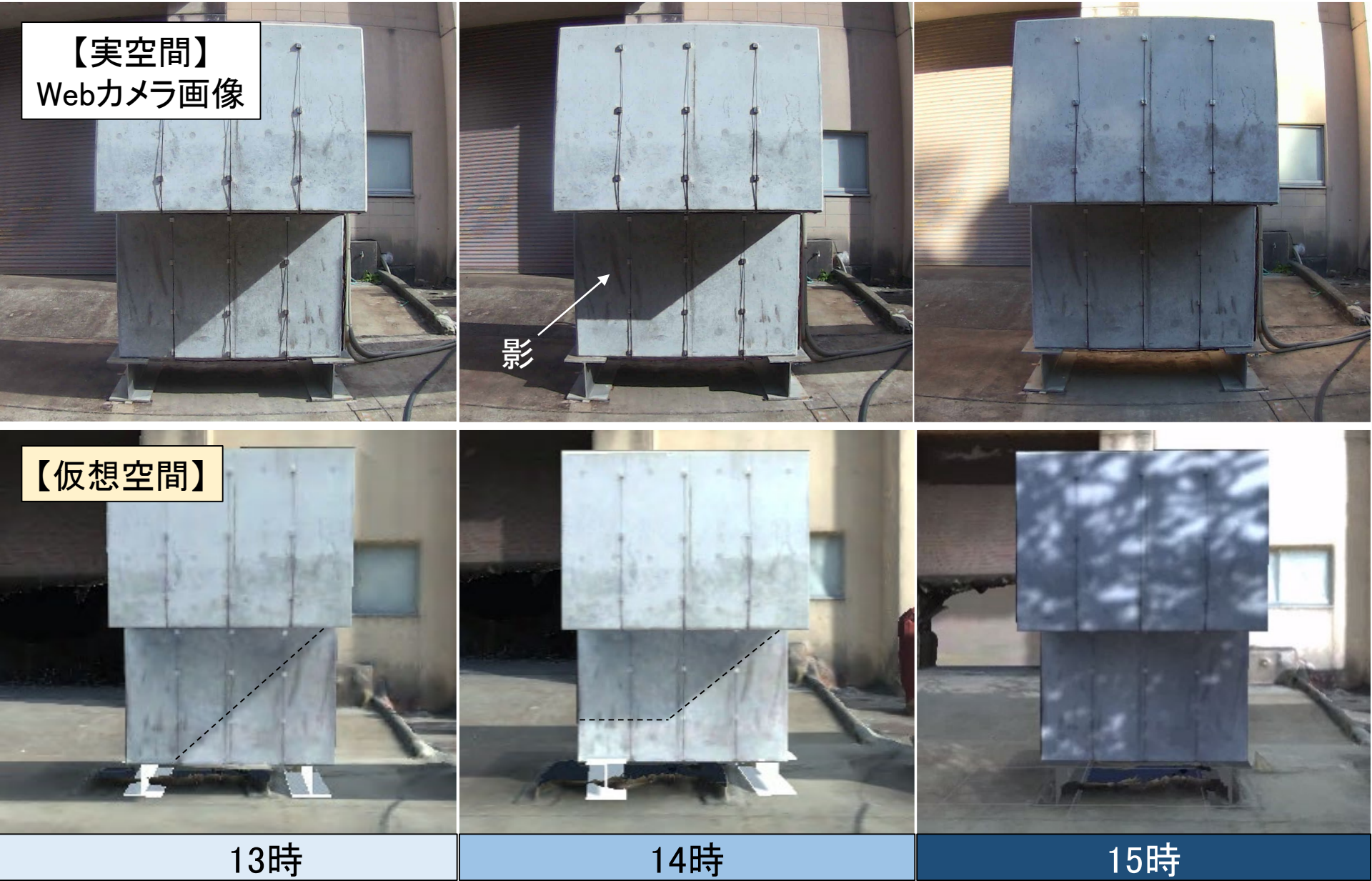
太陽の高度
構造物の緯度・経度

(3)社会基盤構造物の3Dモデルの最新研究への応用

構造物・地形形状 ＋【日射】

(3) 社会基盤構造物の3Dモデルの最新研究への応用

日射作用の検証(Webカメラ画像・仮想空間)　2020年10月18日



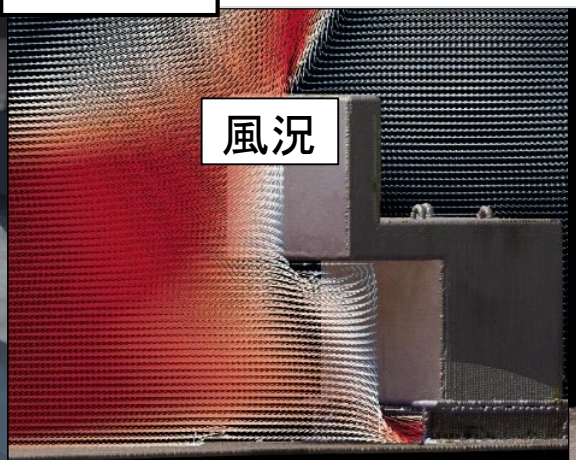
(3) 社会基盤構造物の3Dモデルの最新研究への応用

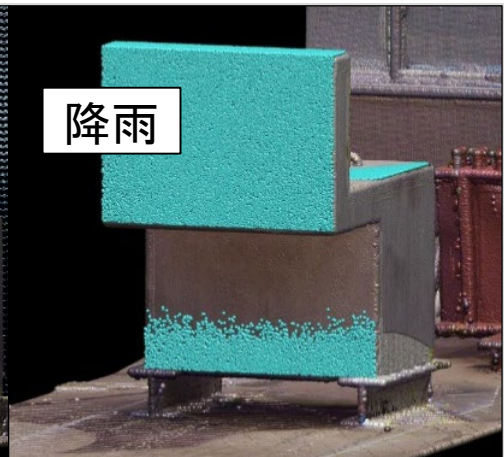
構造物・地形形状 ＋【日射】＋【温度】＋【風】＋【降雨】

実装

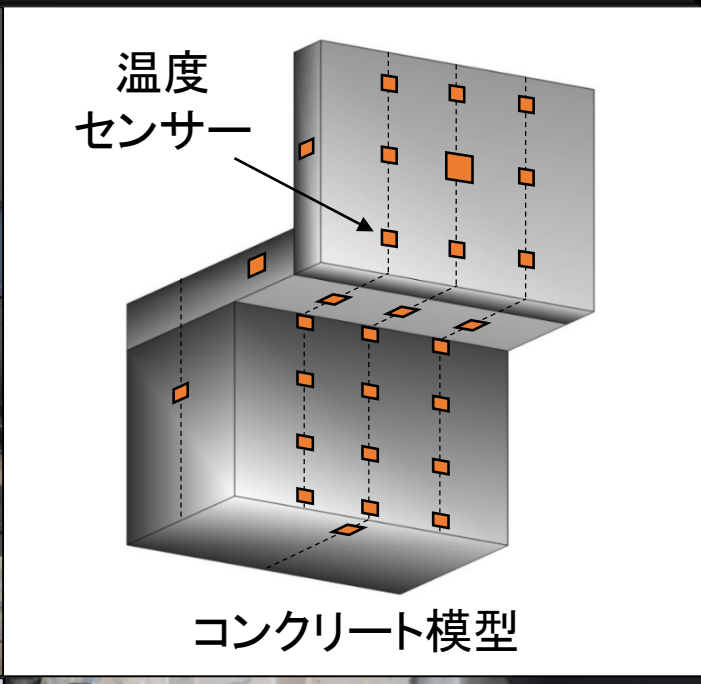
数値シミュレーションを実装

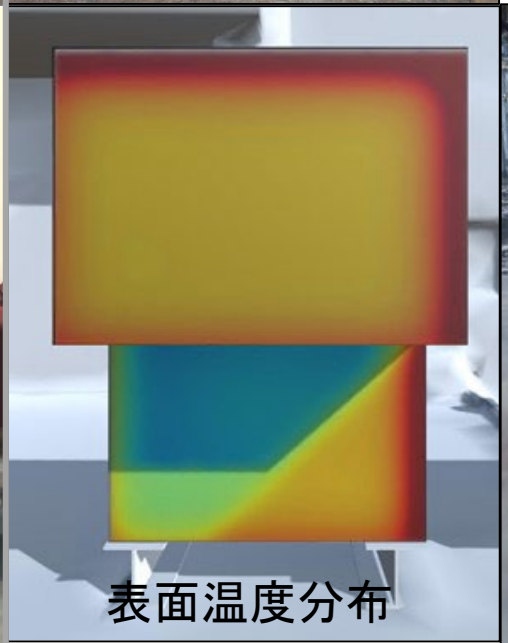
自然環境
予測モデル

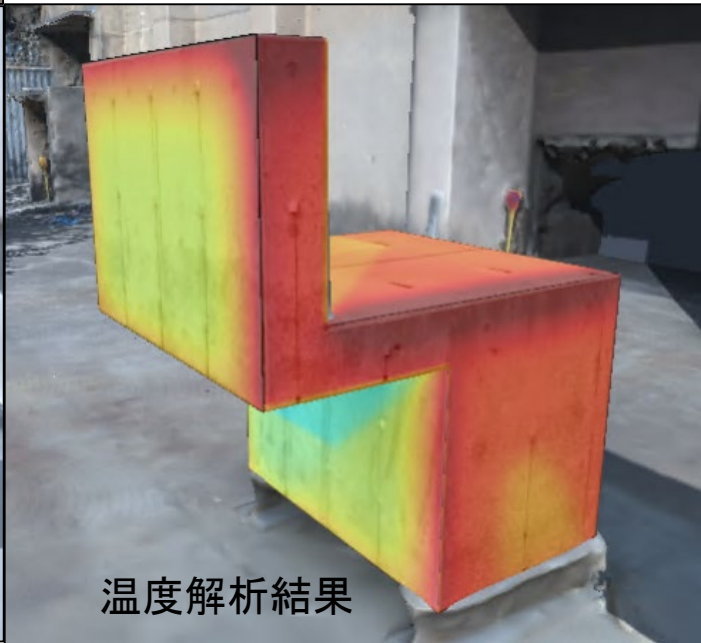




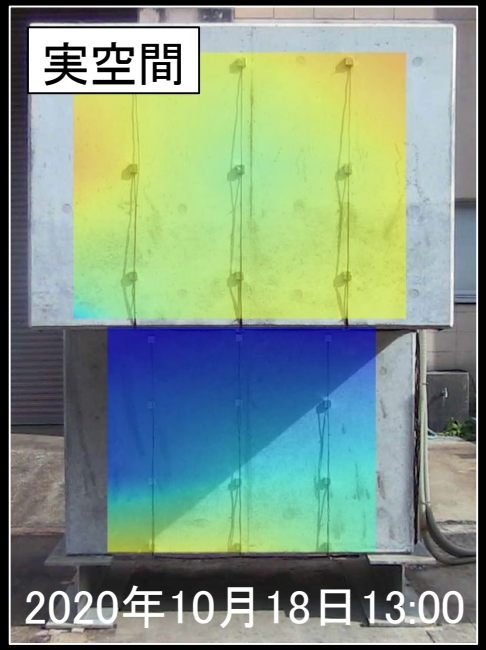
(3) 社会基盤構造物の3Dモデルの最新研究への応用

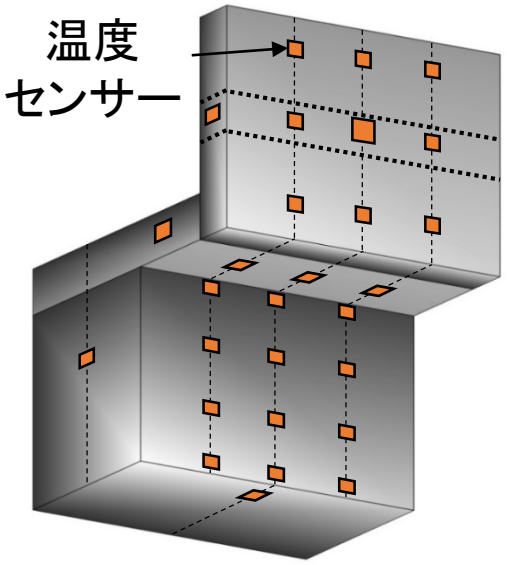


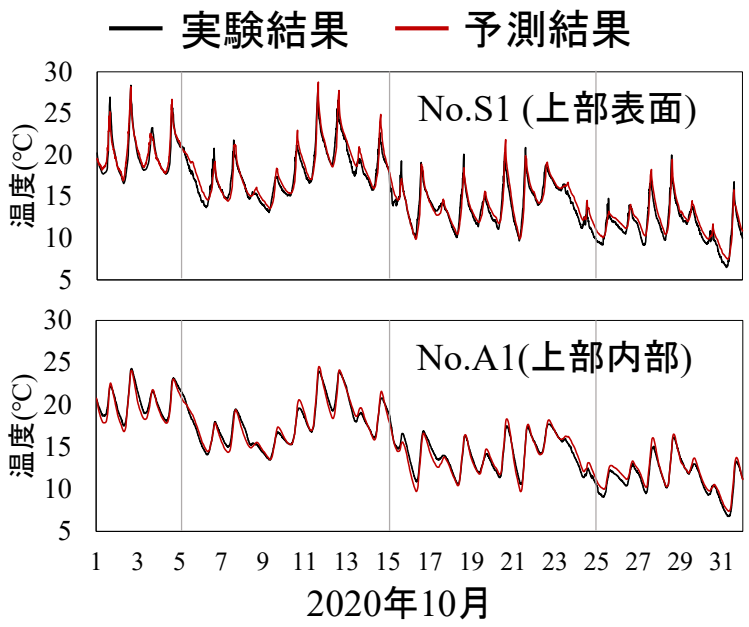




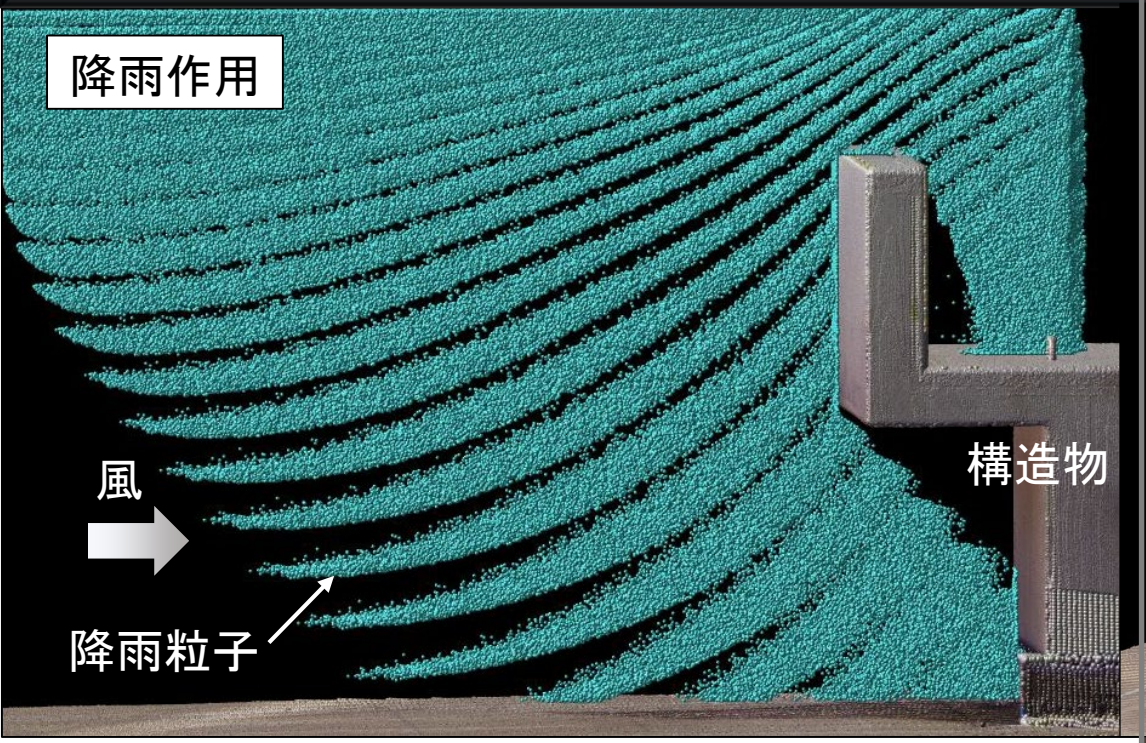
(3) 社会基盤構造物の3Dモデルの最新研究への応用

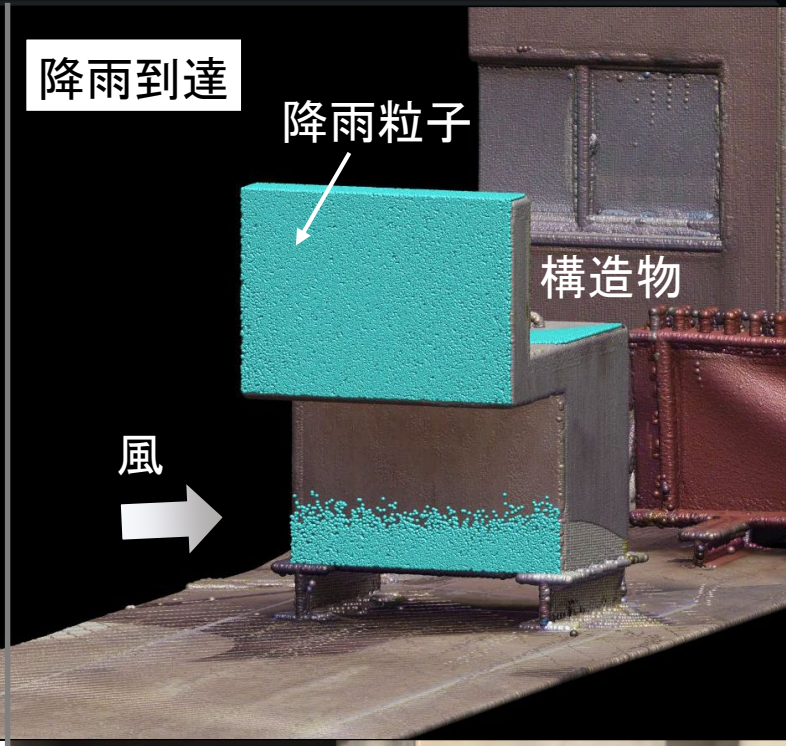






(3)社会基盤構造物の3Dモデルの最新研究への応用

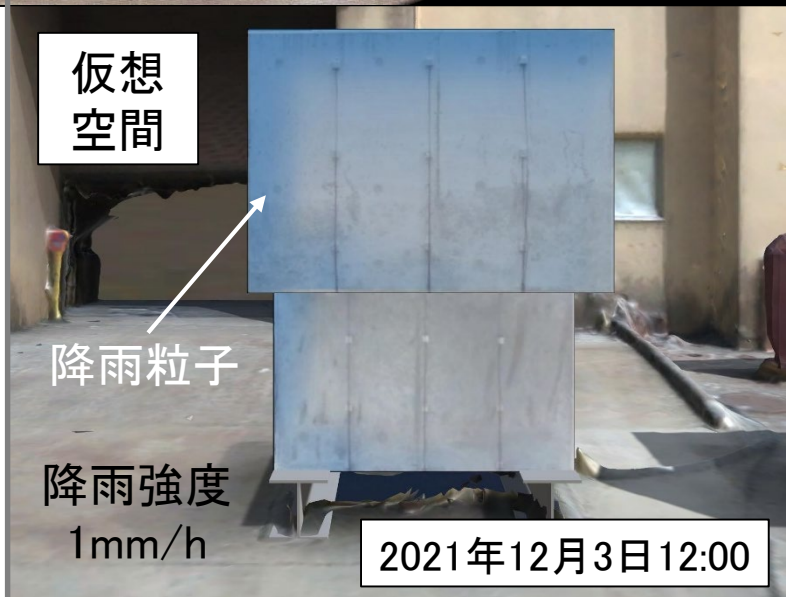




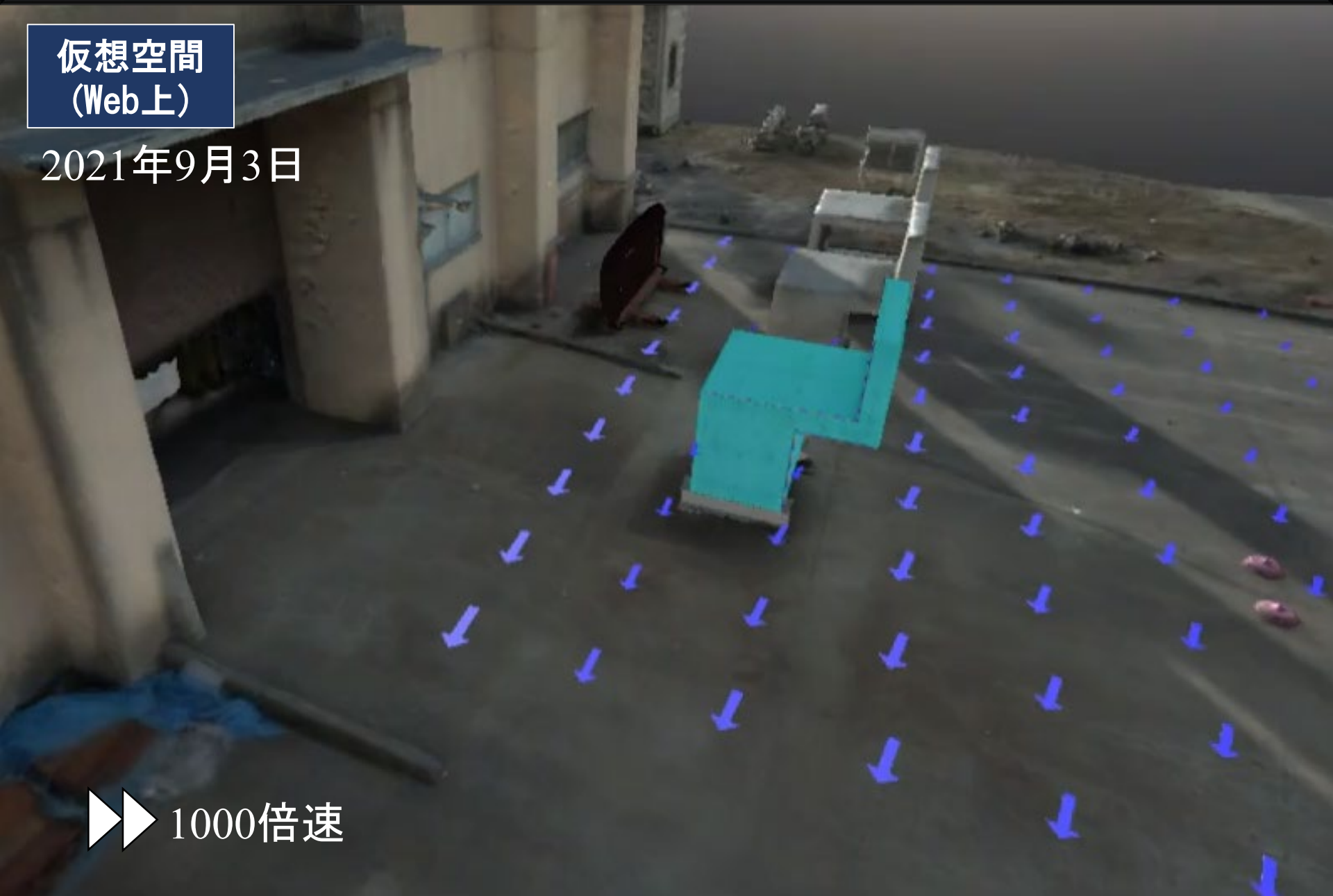
【降雨作用】

実空間の降雨状況に合わせた降雨作用を予測

N-S方程式モデル	オイラー混相流モデル
計算条件	降雨粒子落下(終端速度) 降雨粒子移動(風況)



(3)社会基盤構造物の3Dモデルの最新研究への応用

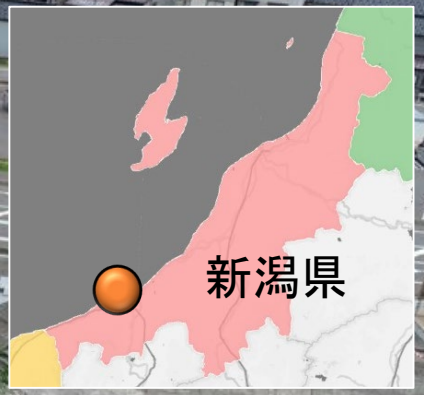


(3)社会基盤構造物の3Dモデルの最新研究への応用

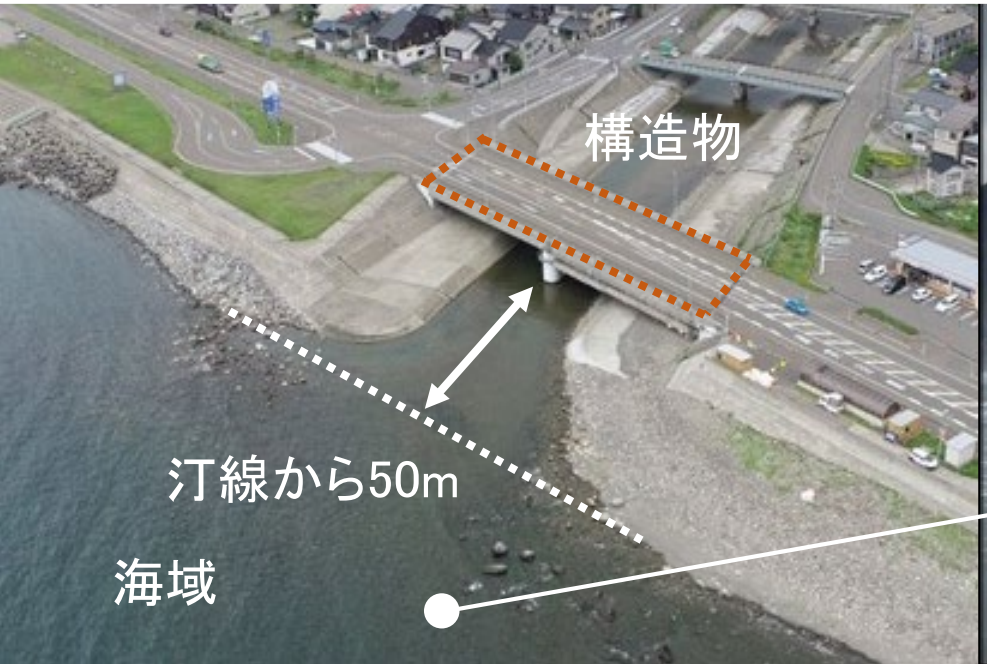
仮想空間を利用した実構造物の維持管理

(3) 社会基盤構造物の3Dモデルの最新研究への応用

対象とした橋梁



名立大橋
(新潟県上越地方)
2001年11月　供用開始



冬季海域の状況

(3)社会基盤構造物の3Dモデルの最新研究への応用

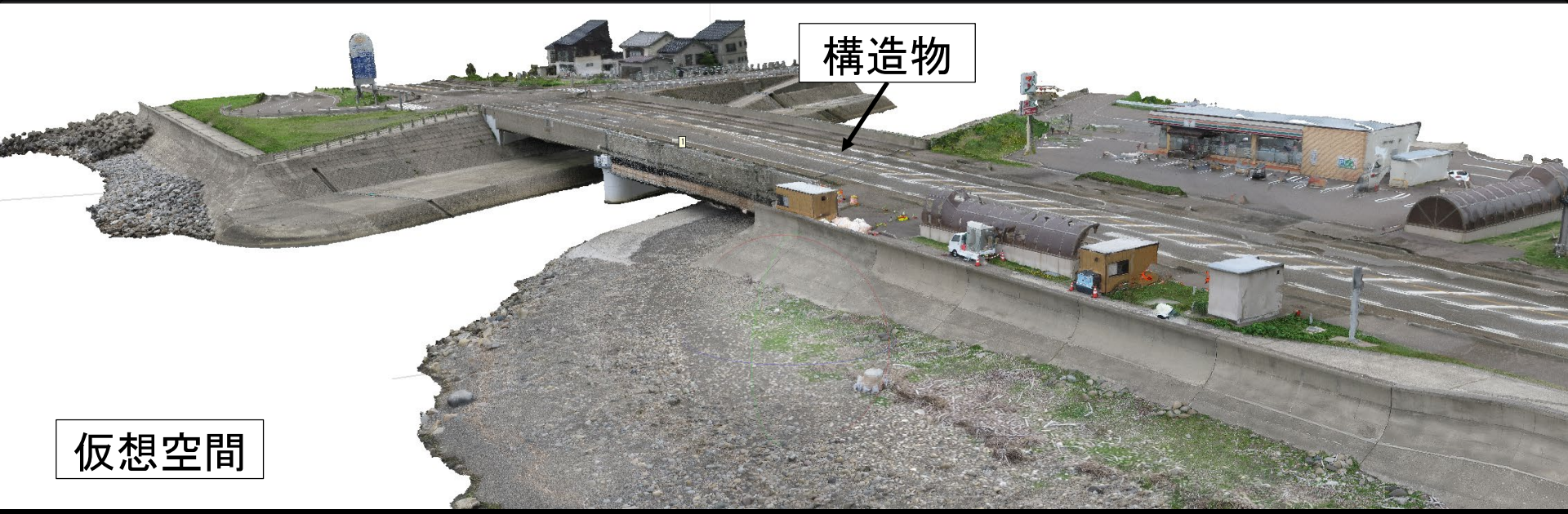
300m

300m

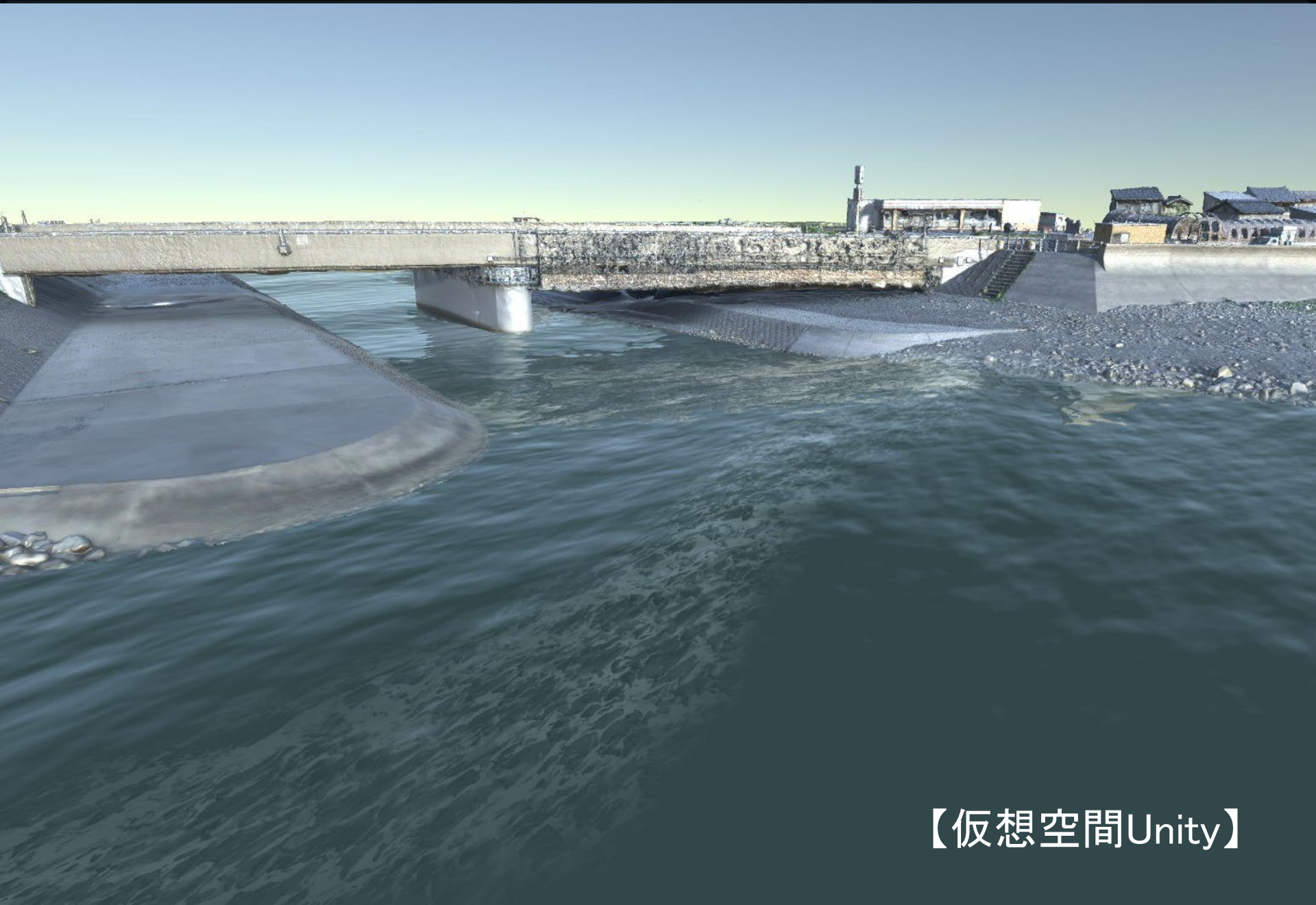
名立大橋

仮想空間範囲

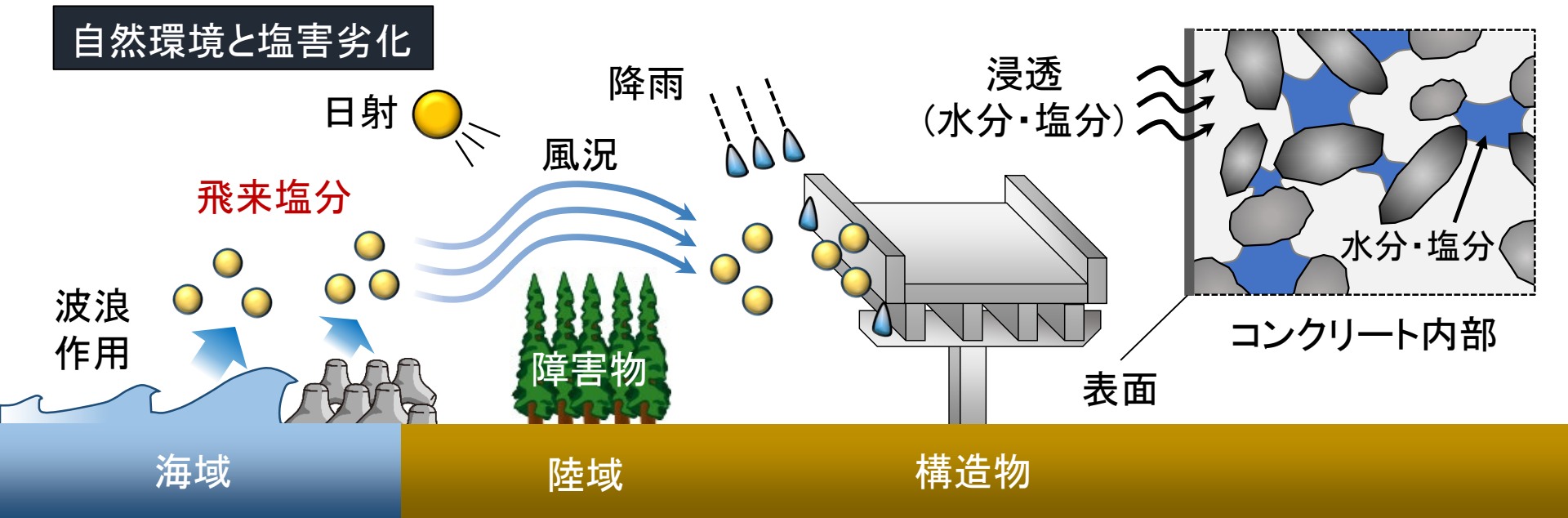
(3)社会基盤構造物の3Dモデルの最新研究への応用



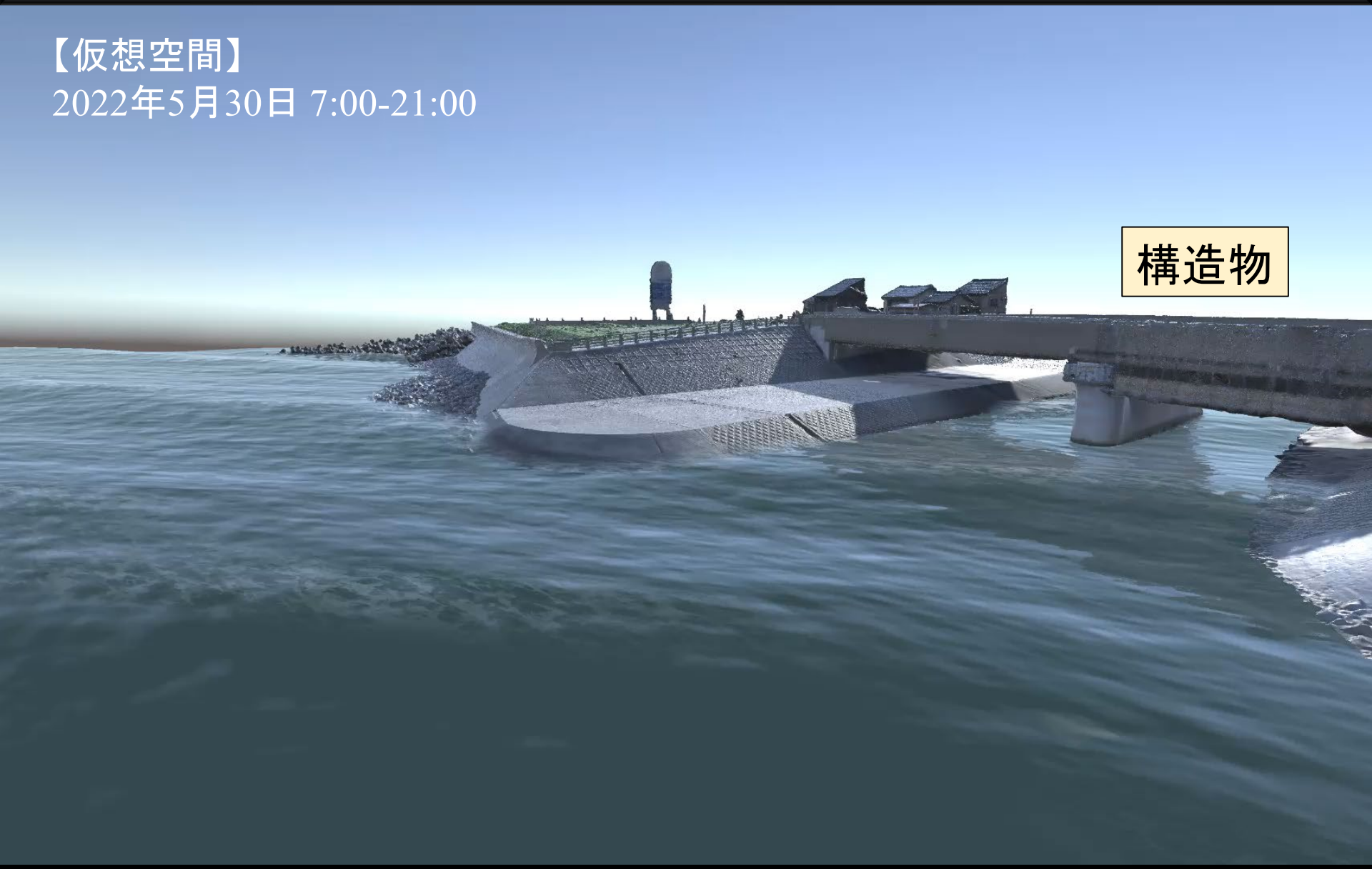
(3)社会基盤構造物の3Dモデルの最新研究への応用



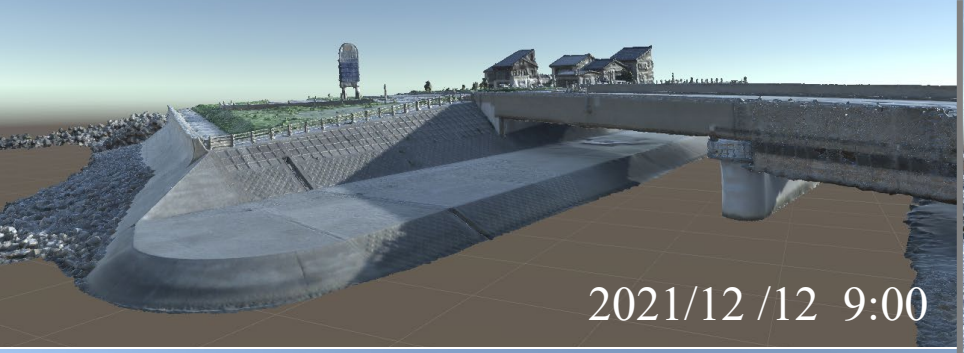
(3) 社会基盤構造物の3Dモデルの最新研究への応用

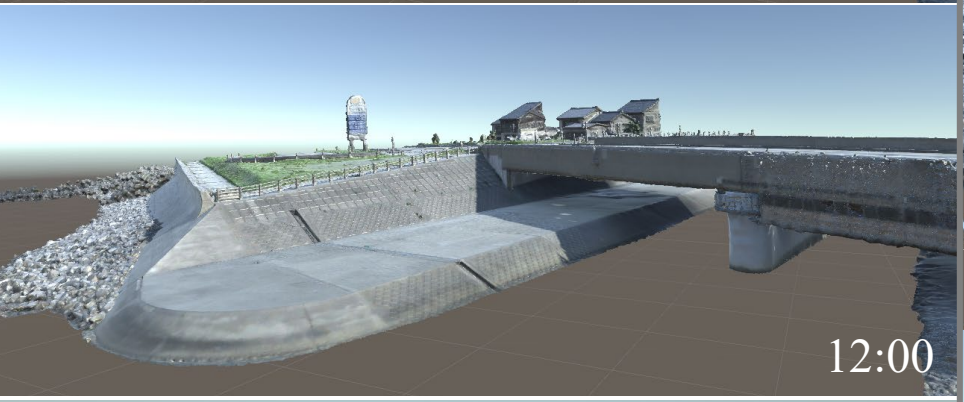


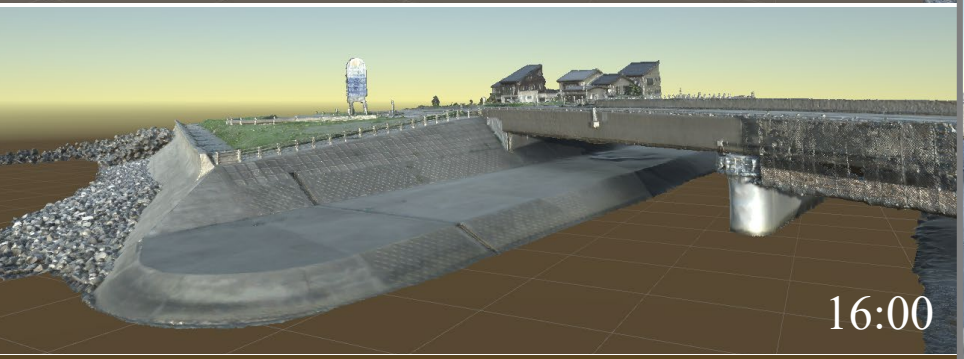
(3) 社会基盤構造物の3Dモデルの最新研究への応用

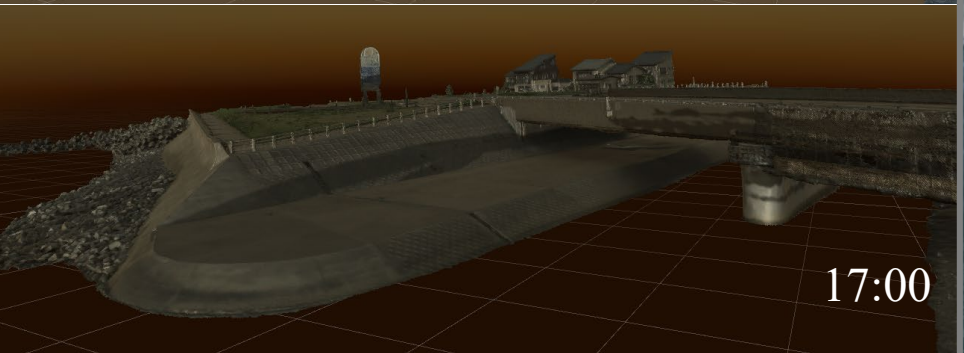


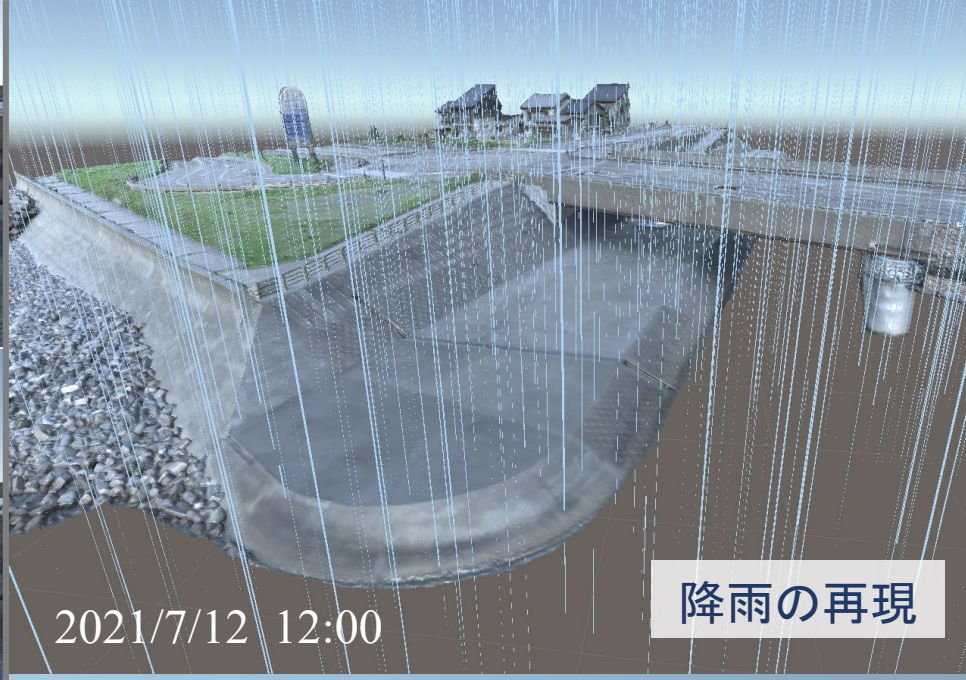
数値モデルを導入した仮想空間システム

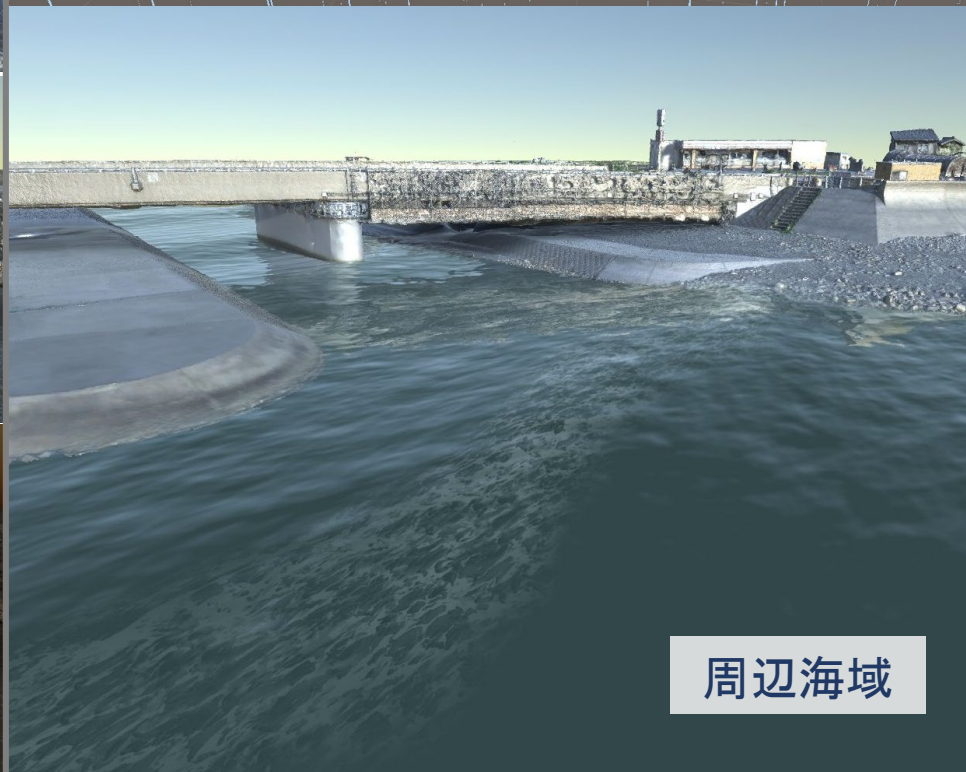

2021/12 /12 9:00


12:00

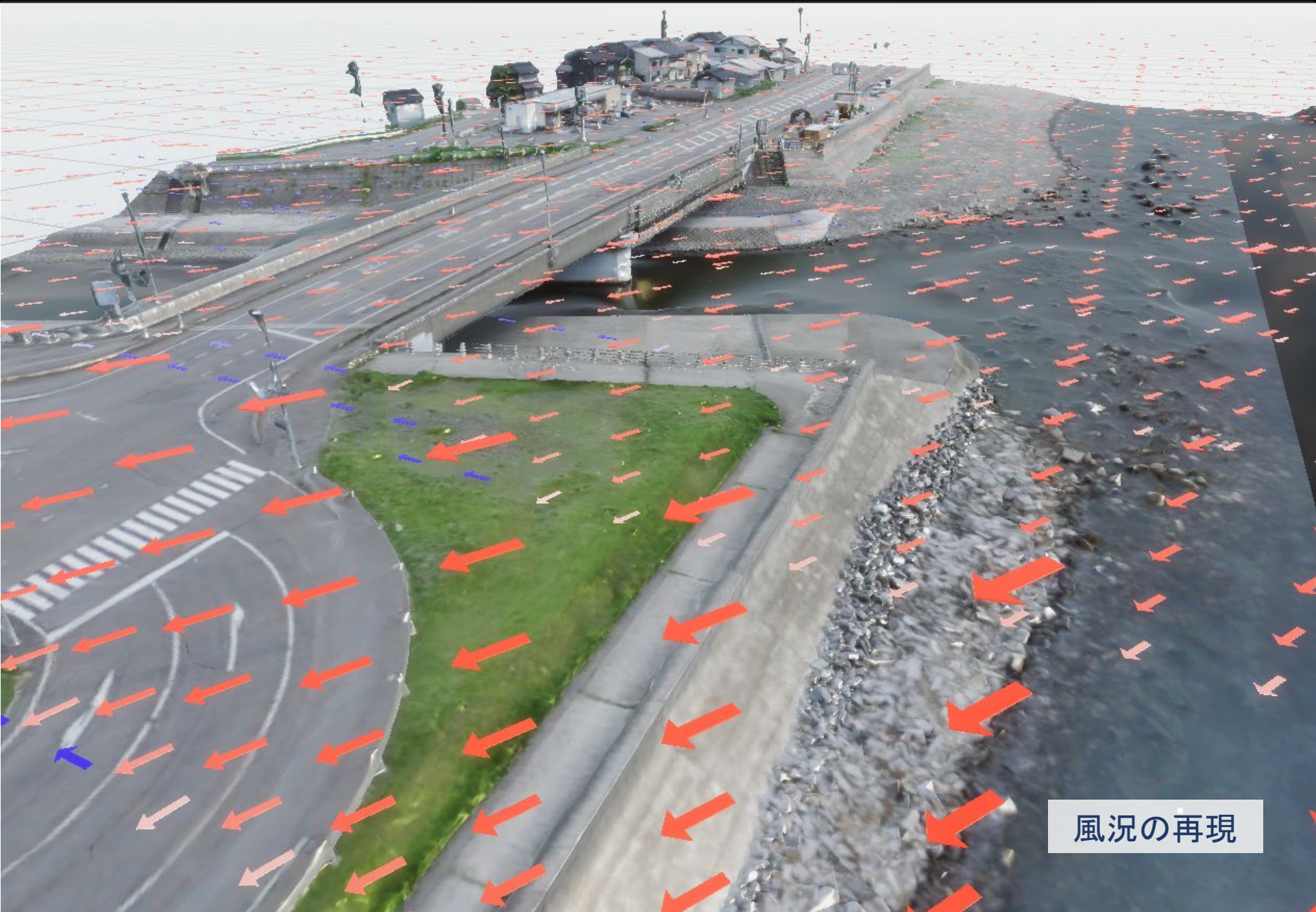

16:00


17:00

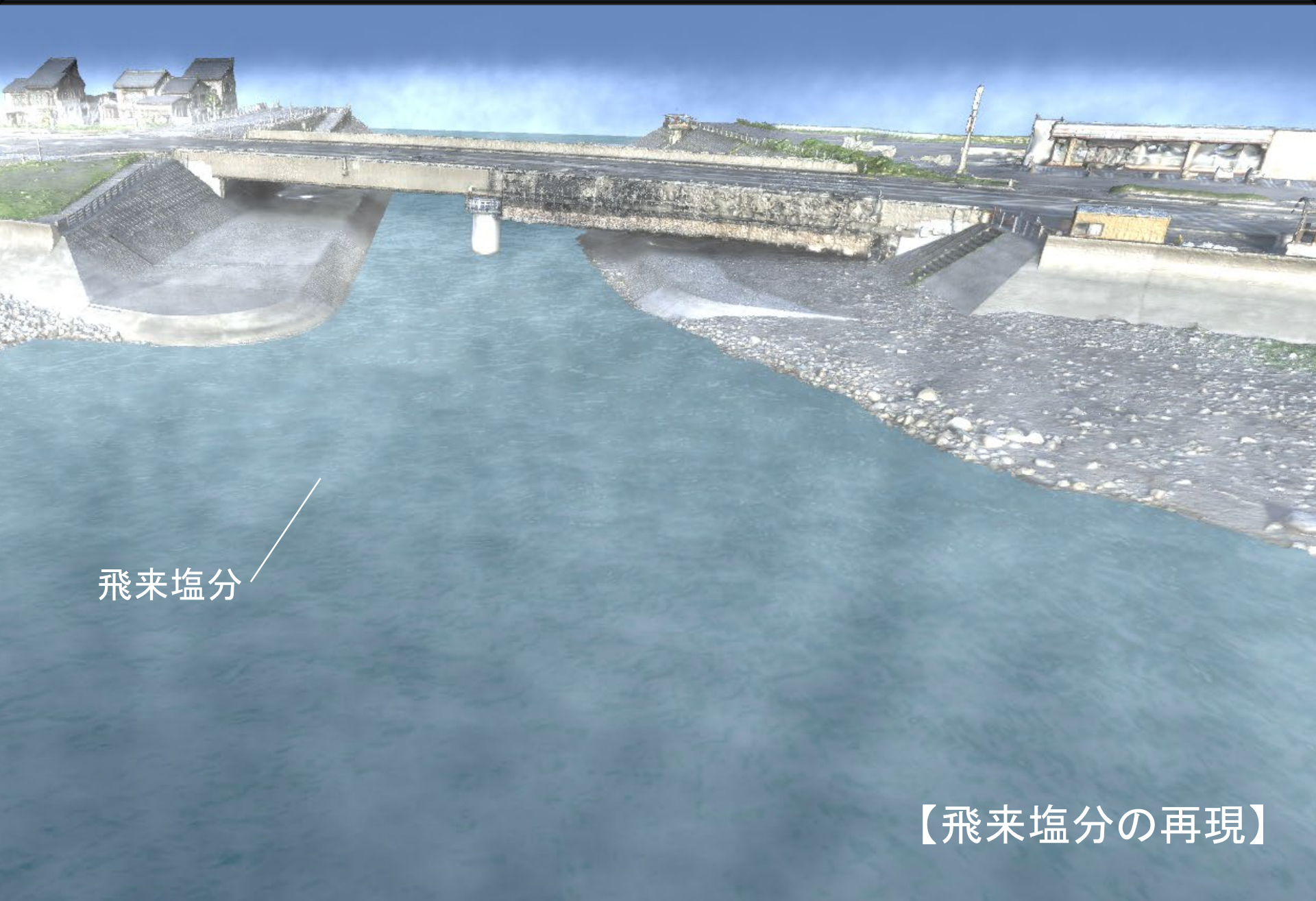

2021/7/12 12:00
降雨の再現


周辺海域

(3) 社会基盤構造物の3Dモデルの最新研究への応用

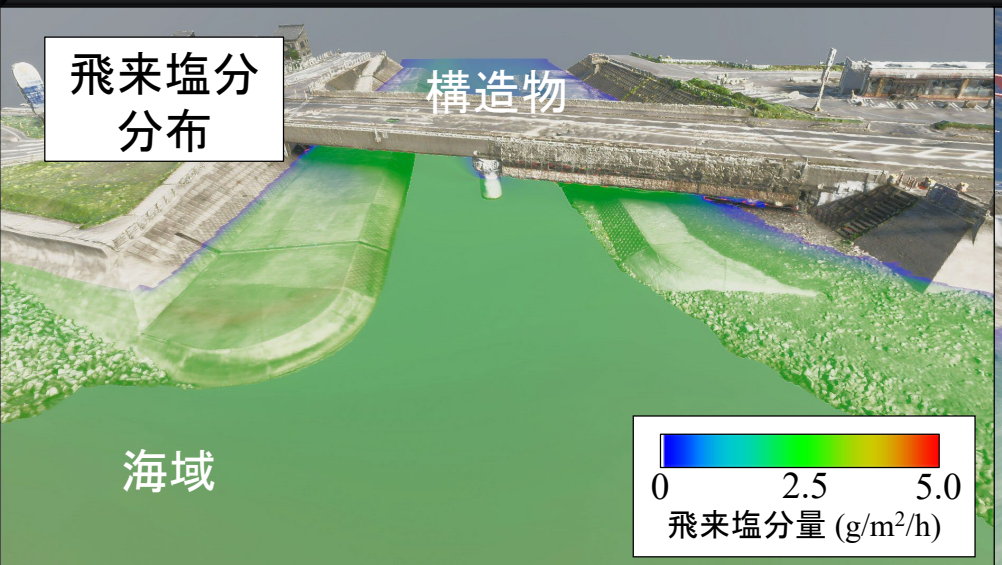


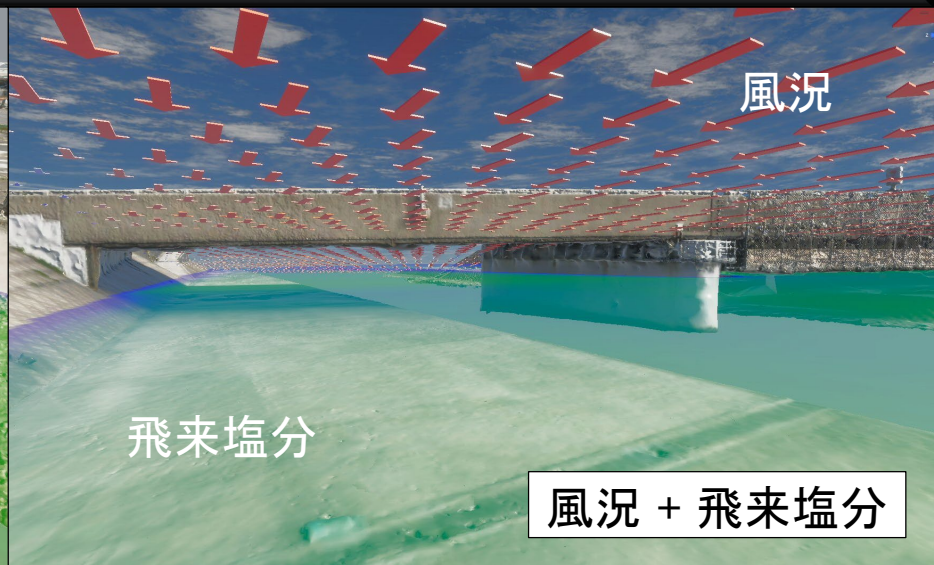
(3)社会基盤構造物の3Dモデルの最新研究への応用

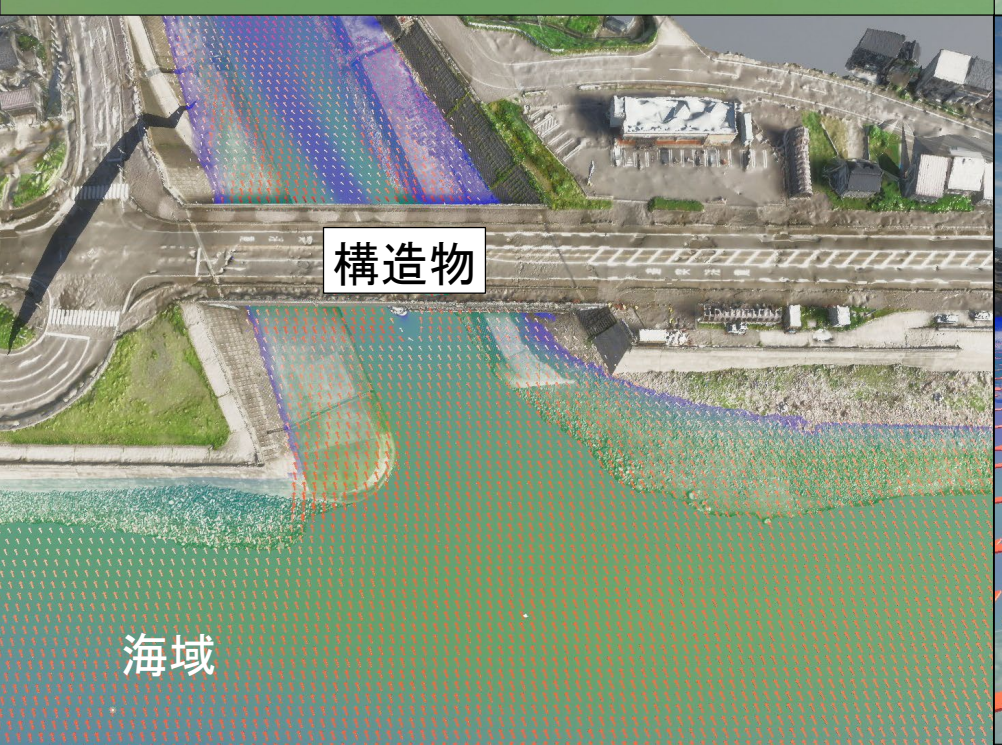


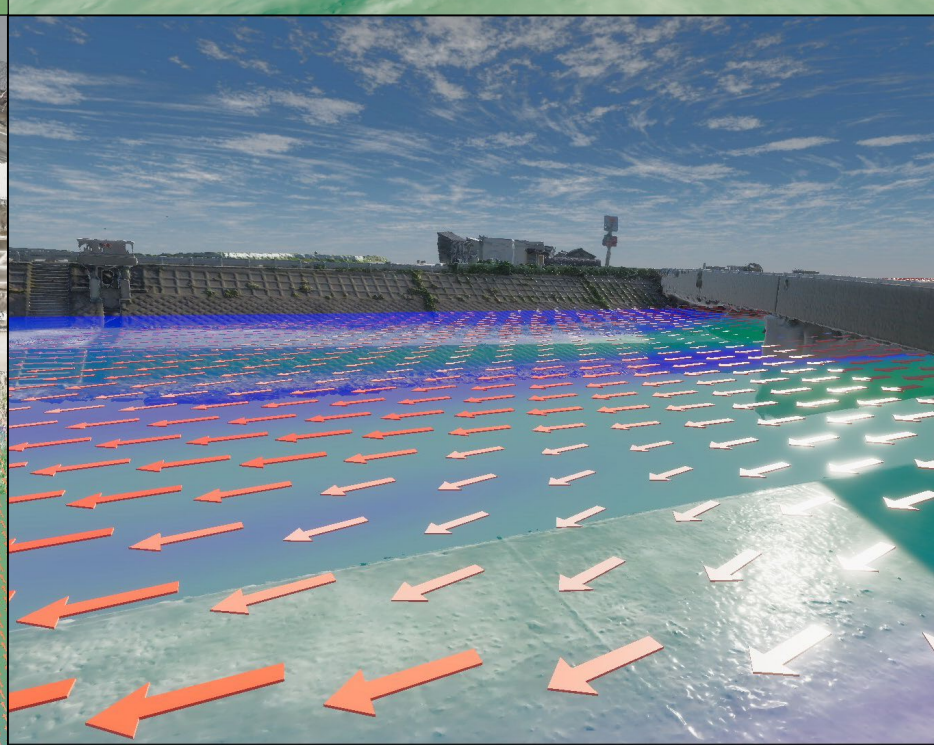
【飛来塩分の再現】

(3) 社会基盤構造物の3Dモデルの最新研究への応用

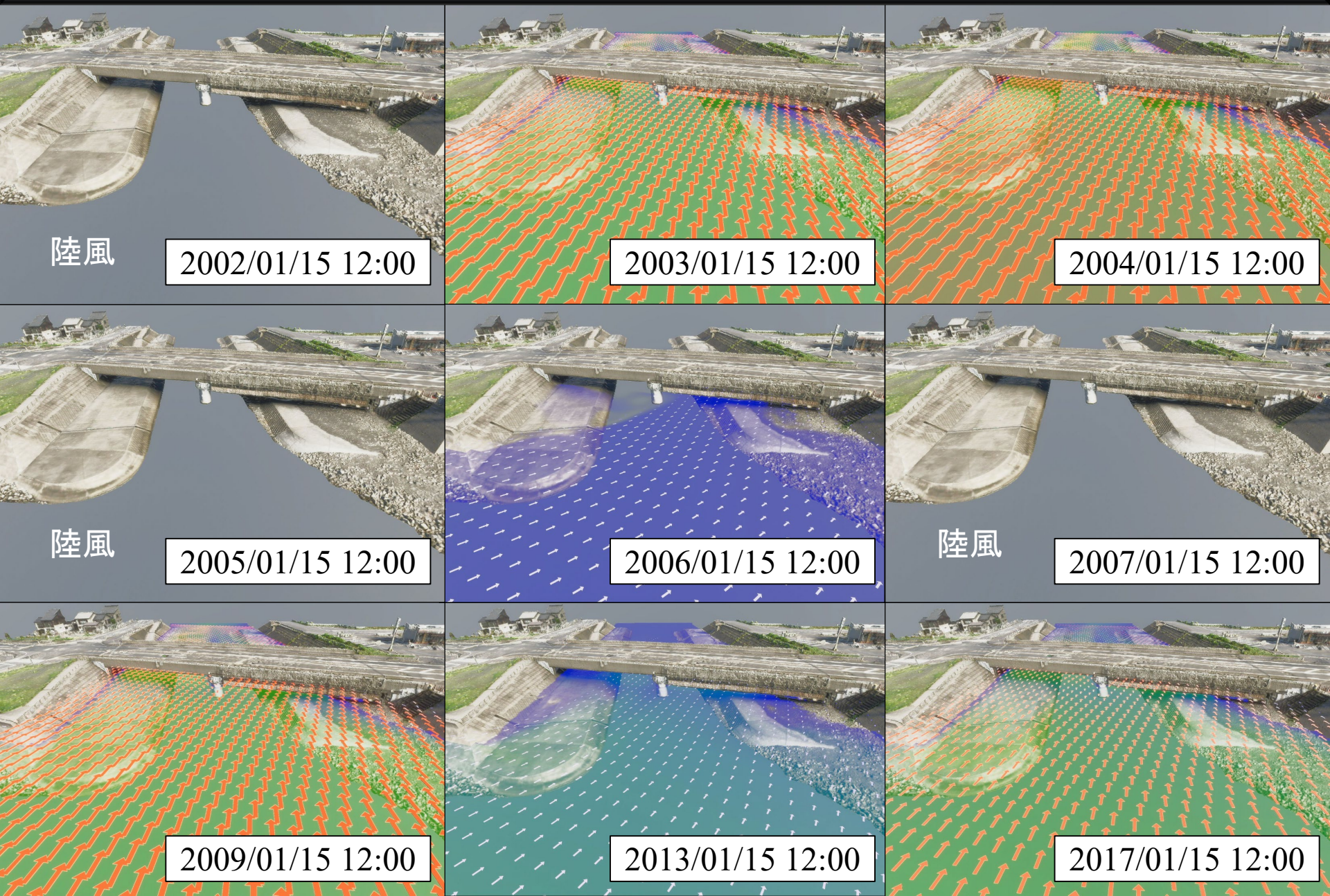








(3) 社会基盤構造物の3Dモデルの最新研究への応用

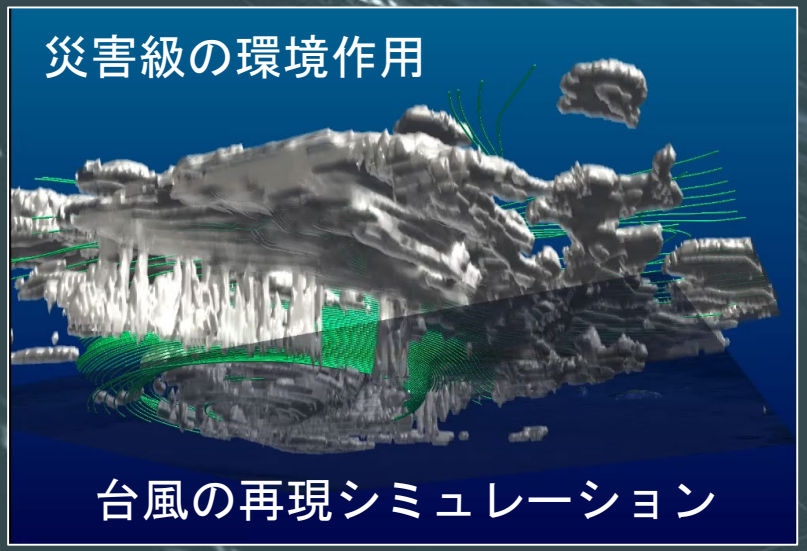


(3)社会基盤構造物の3Dモデルの最新研究への応用

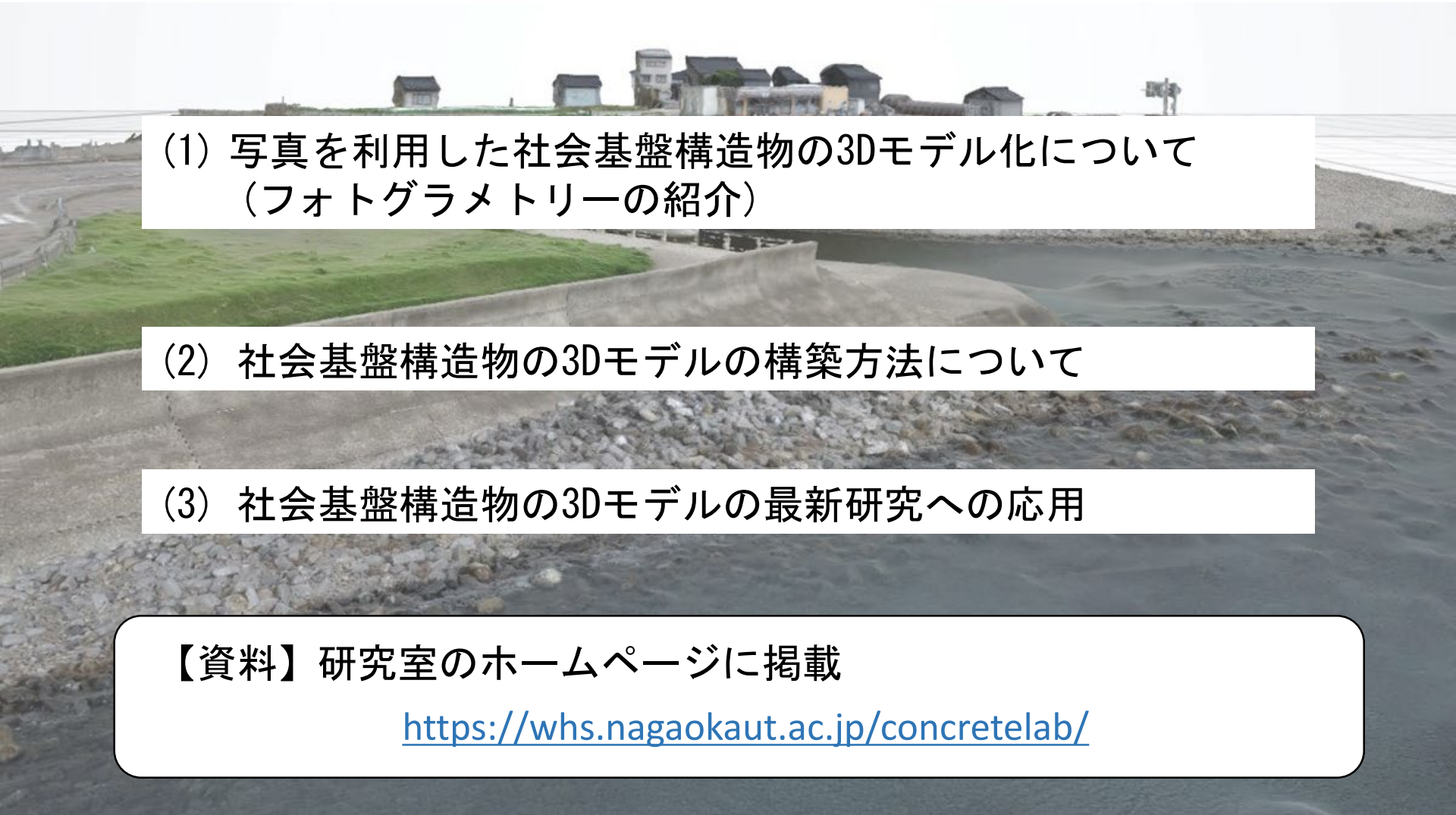
自然環境(気象・波浪)

構造物の劣化予測

(100年後の予測)



【本日の講義内容】
社会基盤構造物の3Dモデリング



(1) 写真を利用した社会基盤構造物の3Dモデル化について
（フォトグラメトリーの紹介）

(2) 社会基盤構造物の3Dモデルの構築方法について

(3) 社会基盤構造物の3Dモデルの最新研究への応用

【資料】研究室のホームページに掲載

https://whs.nagaokaut.ac.jp/concretelab/