

消波工の測量点群を用いた 消波ブロックのソリッドモデリング技術

(株)不動テトラ 総合技術研究所 材料・構造研究グループ 橋田 雅也

■ はじめに

- 港湾・消波工におけるICTの活用とCIMの導入について
- 本技術の位置づけ

■ 本技術開発の背景および目的

- 消波工における3次元モデルとは

■ 従来の消波工のソリッドモデル作成手法における問題点

■ ブロックのソリッドモデル自動配置（基礎検証）

- 模型点群データにブロックのソリッドモデルを自動配置

■ ブロックのソリッドモデル自動配置（現地検証）

- 現地測量点群への自動配置検証

■ まとめ

■ 港湾におけるICT活用の試行工種は拡大

2018年度～ 防波堤等の基礎工，消波ブロック据付工 など

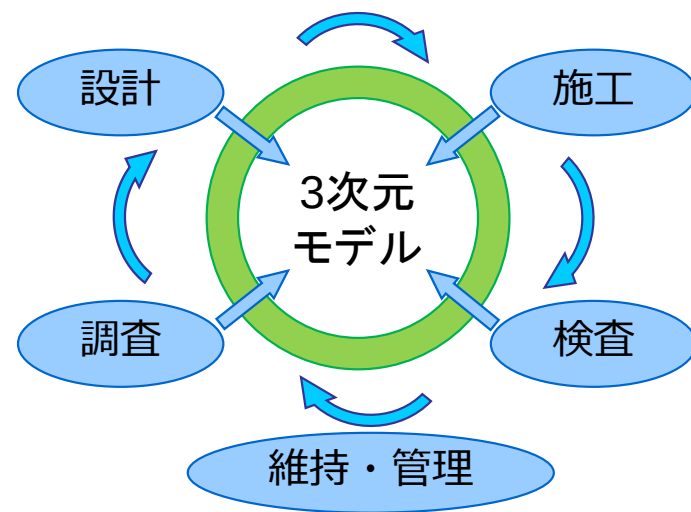
■ ICT技術の導入による効果

調査：3次元測量による測量管理の効率化
精度向上

設計：数量計算・図面作成の効率化

施工：安全性の向上
出来形管理の効率化、精度向上

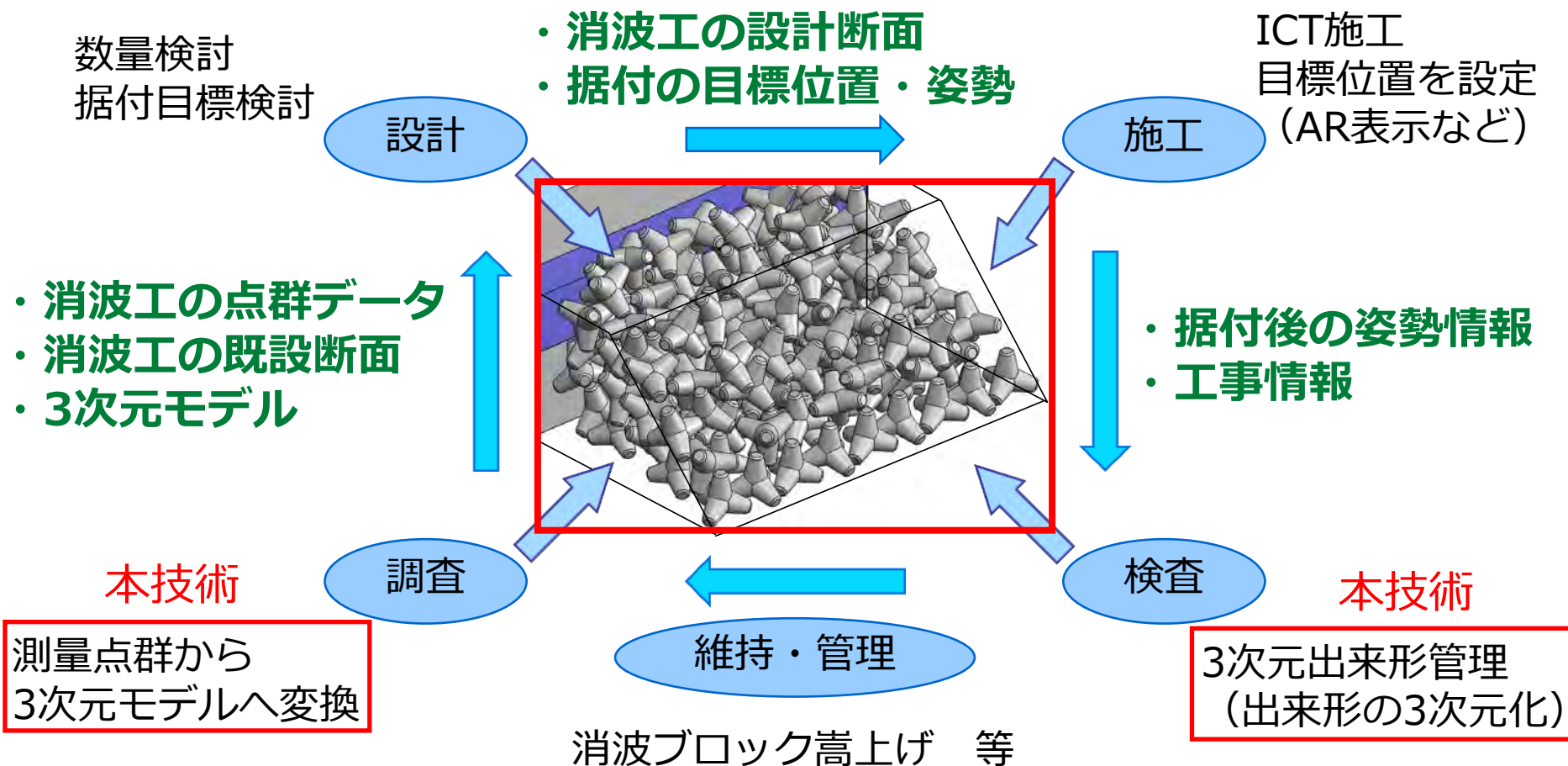
検査：3次元可視化による検査の効率化



■ CIM

- 各プロセスで得られる属性情報を3次元モデルに順次追加・受渡
- CIMモデルを一元的に管理

■ 消波工におけるICT活用とCIM（将来イメージ）

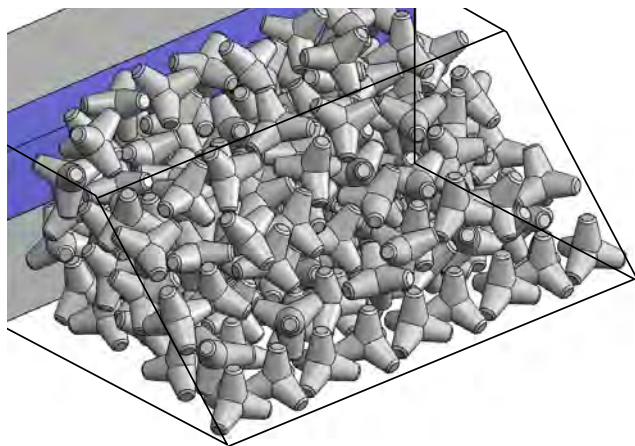


■ 消波工における3次元モデル（CIMモデル）とは

↳ ブロックの3次元的な配列まで再現した消波工のソリッドモデル



- ソリッドモデルなので、**ブロックの重心と位置情報**がわかる（設計）
- **ブロック1個ごとの工事情報**を付与させることが可能（施工）
 - ◆ コンクリート配合情報、品質管理情報、製作・施工管理情報
- 完成時のデータを経年変化の確認や被災状況確認等に活用できる（維持管理）



✗ 天端・法面の表面的データ

○ ブロック1個1個の立体的データ

消波工のソリッドモデルを適切に作成する方法がない

■ 消波工のソリッドモデルの作成方法

- シミュレーションによりソリッドモデルを積重ねて（据付けて）作成
→高度なAI活用も含めた技術開発が必要（検討予定）
- 点群データをソリッドモデルへ変換して作成



■ 本技術の目的

- 消波工の点群データ（面的）にブロックのソリッドモデル（立体的）を
自動で重ね合わせることによって、効率的に3次元モデルを作成する。

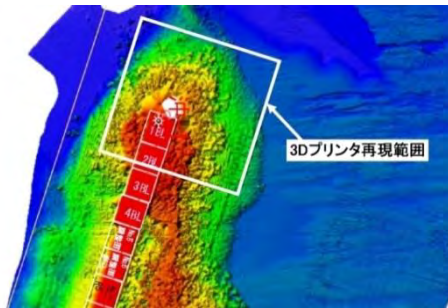
消波工の3次元モデル作成のためのツール

■ 点群データの取得

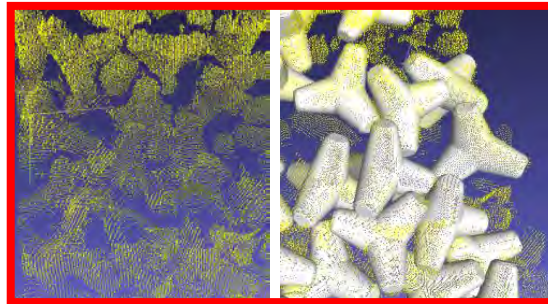
- | | | |
|---------------------|---|----------------|
| ➤ ブロックの模型積み | ← | 新たに据付けるブロックの検討 |
| ➤ 現地測量（UAV・マルチビーム等） | ← | 既設の消波工を詳細に再現 |

従来の消波工のソリッドモデル作成手法における問題点

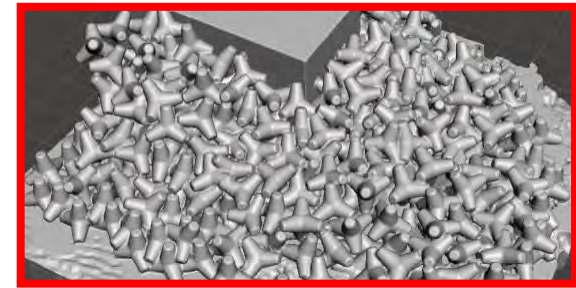
■ 消波ブロック据付工におけるICT施工の活用例



①3Dモデリング
(サーフェスモデル)



②ソリッドモデルを点群へ重ね合わせる
(点群欠損箇所の補完)



③ソリッドモデリング



④3Dプリンタ出力(縮尺：1/158)



⑤ブロック模型による嵩上げ
※据付層ごとに色分け



⑥写真画像から得られた位置座標を目標
にブロックを誘導して据付 (ICT施工)



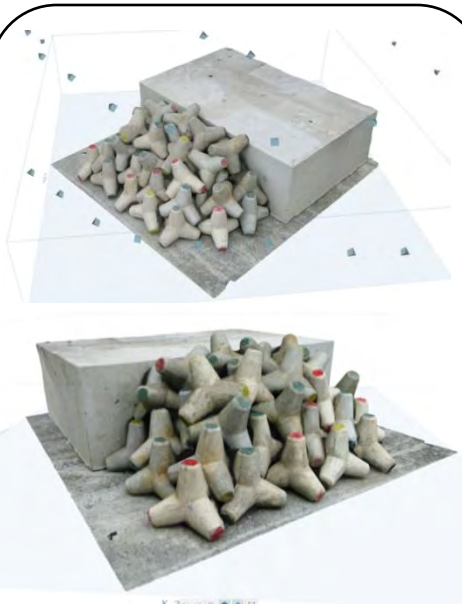
- ✓ 点群への重ね合せは**手動**で操作
- ✓ 多くの**時間**と**労力**が必要



**本技術では自動配置に
より効率化**

ブロックのソリッドモデル自動配置（基礎検証）

■ ブロック模型の点群にソリッドモデルを自動配置し変換



● 3Dモデリング
(サーフェスモデル)

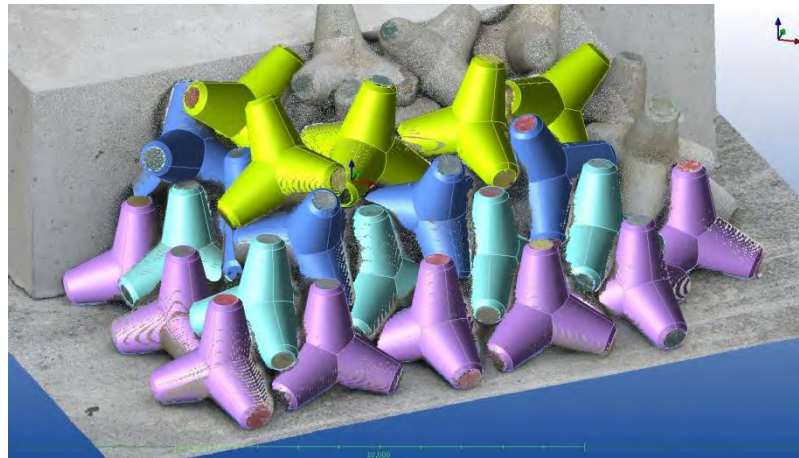
既存ソフトウェア

3D点群データに
3Dモデルを配置

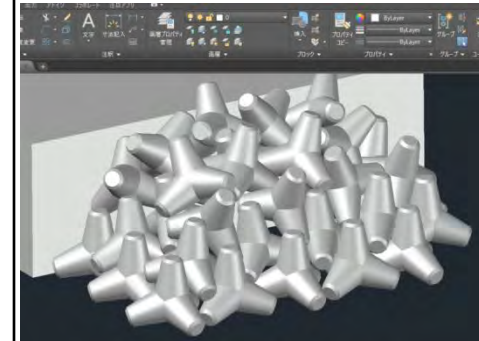
+

新機能

消波ブロック形状の特徴を
認識させる機能



● ソリッドモデル（カラー部分）の自動配置



● 3D CADへの出力



- ・ 重心と位置座標 (x,y,z) 情報
- ・ 姿勢情報 (脚のベクトル)

✓ 配置に要する時間：約1分/ブロック1個

✓ 3D CADデータを施工段階へ受け渡すことで、ブロック据付工の更なる高度化・効率化が可能となる

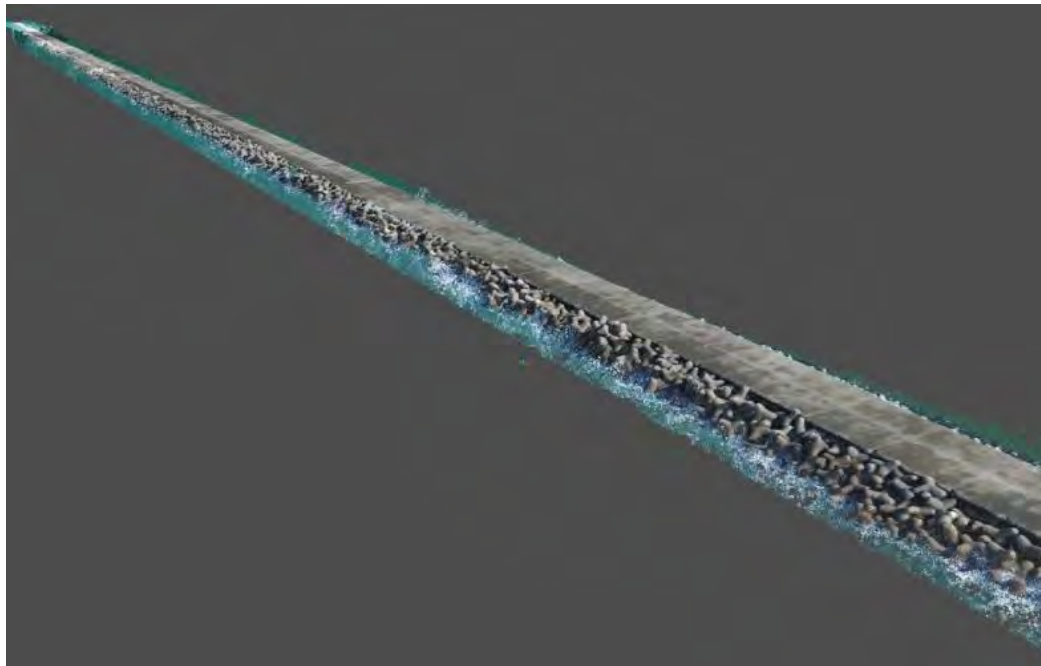
ブロックのソリッドモデル自動配置（現地検証）

■ 参考：UAVによる現況消波工の自主調査

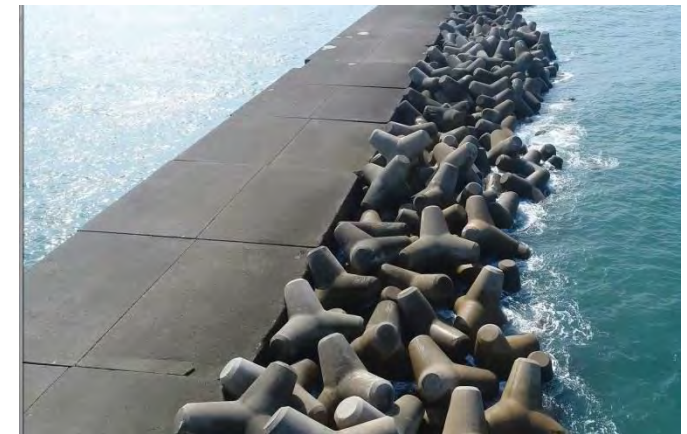
- UAVの飛行高度：50m
- オーバーラップ率：85%
- サイドラップ率：80%



A港防波堤：UAVによる空撮写真



A港防波堤：3次元点群データ



UAVによる空撮（動画）

■ 消波ブロックの嵩上げ事業における検討例



●3Dモデリング
(サーフェスモデル)



●3Dプリンタ出力
(縮尺：1/90)



●ブロック模型による嵩上げ

- ・ドローンによる写真測量により、現況を3Dモデリング
- ・ブロック嵩上げの模型積み検討後、再び3Dモデリング

現在・出来形の検討

将来・施工の検討

現況データと嵩上げ後のデータに
ソリッドモデルを自動配置して検証

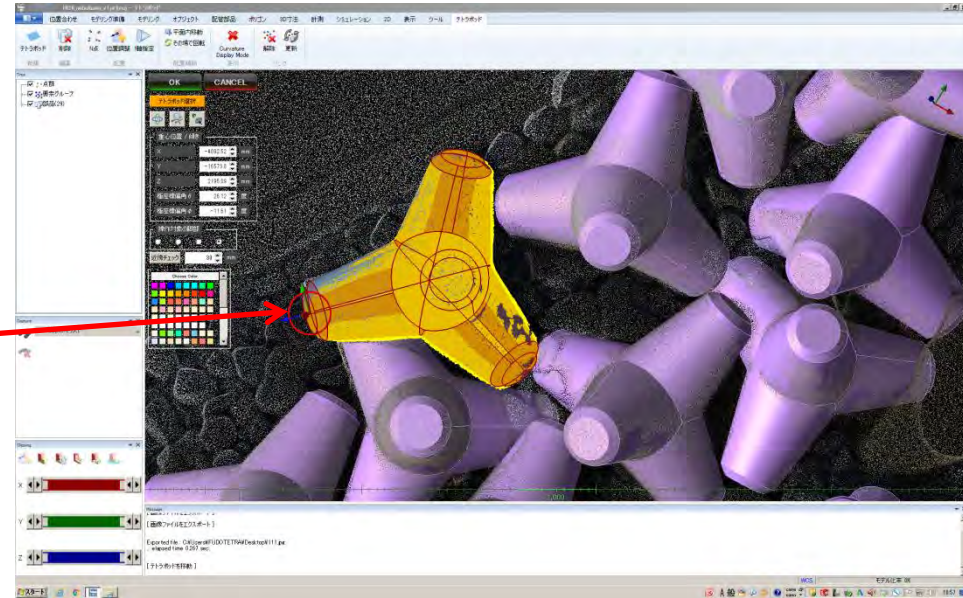
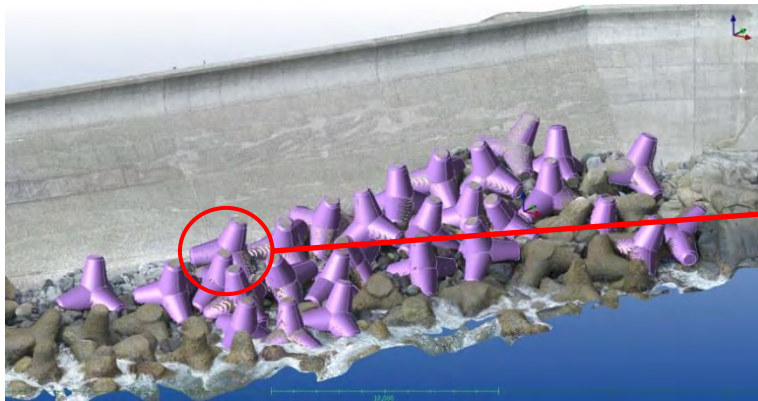


●嵩上げ後の3Dモデリング（点群）

ブロックのソリッドモデル自動配置（現地検証）

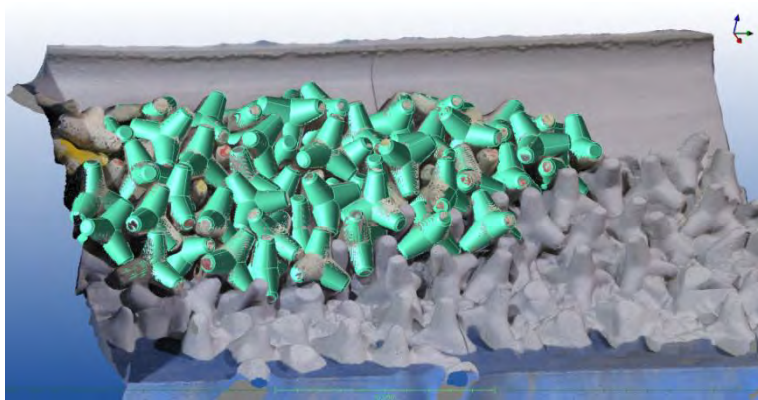
■ ソリッドモデルの自動配置

● 現況データへの自動配置



オレンジの部分：誤差30mm以内に位置する点群

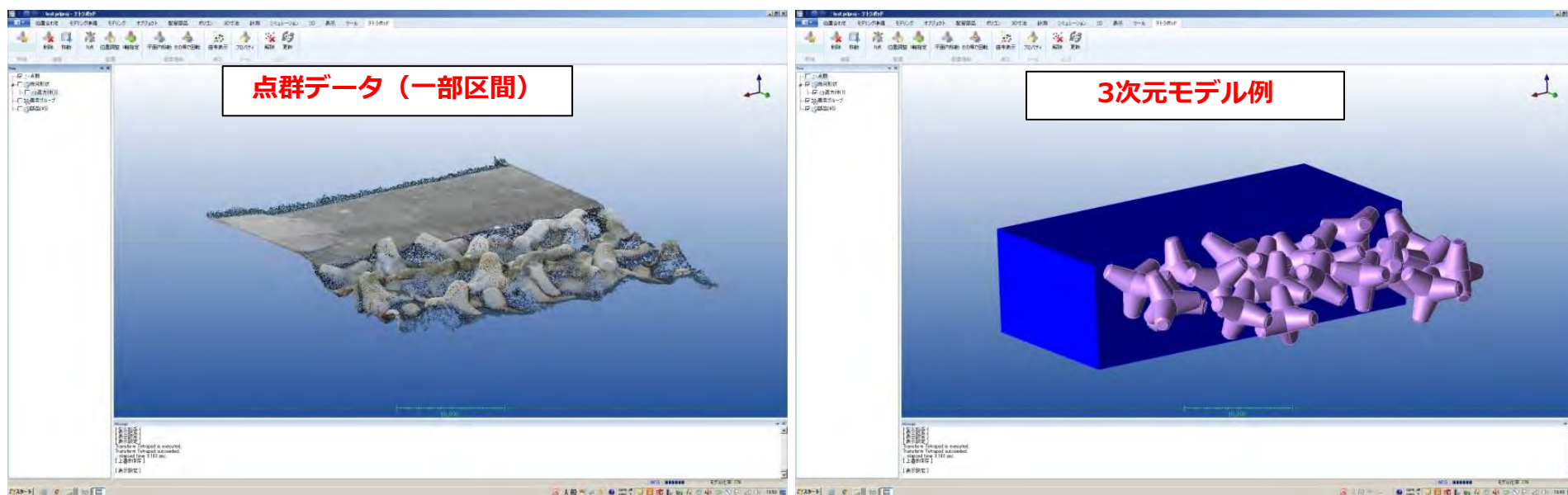
● 嵩上げ後のデータに自動配置



模型と現地の両検証において・・・

- ✓ 誤差：±30mm（ブロック高さの約2%以内）
- ✓ 配置に要する時間：約1分／ブロック1個
（手動配置の場合：約3～4分／ブロック1個）

■ 自動配置の検討例



- ✓ ブロック個数：23個
- ✓ 自動配置による時間（確認含む）：約30分
- ✓ 手動配置の場合の予測時間：約90～120分

対象範囲が広がるほど、時間差は大きくなる

- 消波工においてICT活用とCIMを導入するためには、ブロックの3次元的な配列まで再現した消波工のソリッドモデルを作成する必要がある。
- 現状、消波工のソリッドモデル作成時においては、ブロック1個1個の3Dモデルを手動により点群へ配置することが多く、時間と労力の負担が大きい。
- 基礎検証および現地検証により、消波工の測量点群データにブロックのソリッドモデルを自動配置させる本技術の適用性を確認した。
- 自動配置によるブロックのソリッドモデルの表面と点群との誤差は、 $\pm 30\text{mm}$ （ブロック高さの約2%）以内にできることが明らかになった。
- ブロックのソリッドモデルの自動配置は、所要時間が約 1 分／ブロック1個であり、手動配置（3～4分／ブロック1個）より短時間でモデリングできることが明らかとなった。
- 本技術の活用により、消波工におけるICT施工の高度化と効率化が図られ、CIMへの活用も期待できると考えられる。