

研究の背景 ：建設DXの推進

【課題】設計から施工へ3次元データを受け渡して活用する手法が浸透していない
【解決策】設計データを施工データと連携させる研修を実施するためのプログラムを開発する

建設コンサルタンツ協会

地質調査業協会

全国測量設計業協会

地方（岡山，兵庫県）建設業協会

i-Constructionにおける品質確保検討委員会

【課題】施工で使われた3次元データを使った“維持管理”手法が未検討である
【解決策】データベース（プラットフォーム）の活用法を提案し，3次元データを使った維持管理を普及させる

研究開発項目

- (1) BIM/CIMデータを活用するデータプラットフォームと連携した維持管理技術の開発
- (2) 設計～施工工程間でのデータ受け渡し研修プログラムの開発

CIM導入による建設生産システムの生産性向上

実施方針1. 設計の効率化、高度化

設計成果の可視化による図面作成ミス(※1)等の削減、フロントローディング(※2)の実施

※1 H25三者会議で修正された不具合の約6割を占める

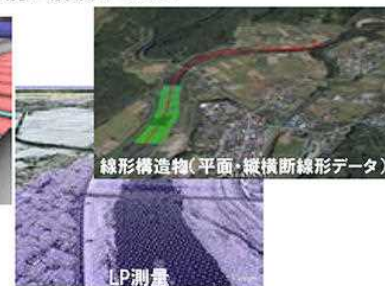
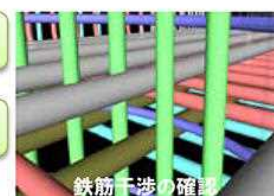
※2 設計段階で、施工段階や完成後(維持管理)に発生する問題を事前に解決すること

設計照査の省力化(設計者・施工者)

施工時の手戻り防止(発注者・施工者)



情報の受け渡し



実施方針2. 設計情報の共有、連携、データ活用 → 施工の効率化 → 工期短縮

事業説明会、各種協議・会議等における合意形成時間の短縮と判断の迅速化(受・発注者)

情報化施工の推進による施工の自動化・ロボット化

「ロボット新戦略」ロボット革命実現会議(2015.1.23)

情報化施工との連携による監督・検査の効率化

情報の受け渡し

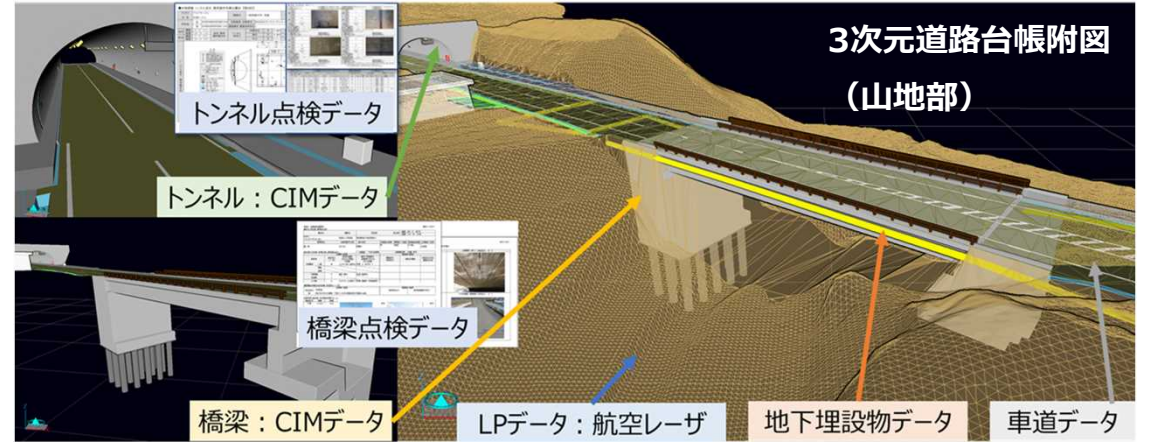
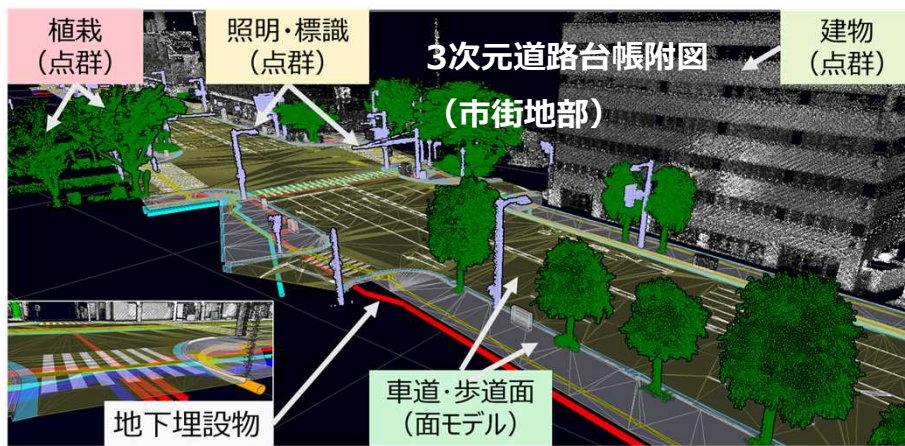


実施方針3. 各種情報の蓄積による効果的な維持管理の実施

道路構造物維持管理用データプラットフォームの仕様の検討：MMSの活用法

国土交通省 北陸地方整備局 点群データを用いた3次元道路台帳附図検討業務

データプラットフォームの例：3次元デジタル道路台帳附図



3次元デジタル道路台帳附図での3次元データの活用法を検討



1時期：BIM/CIMデータ
2時期目：MMSデータ
を使って、インフラ構造物の健全性を評価する

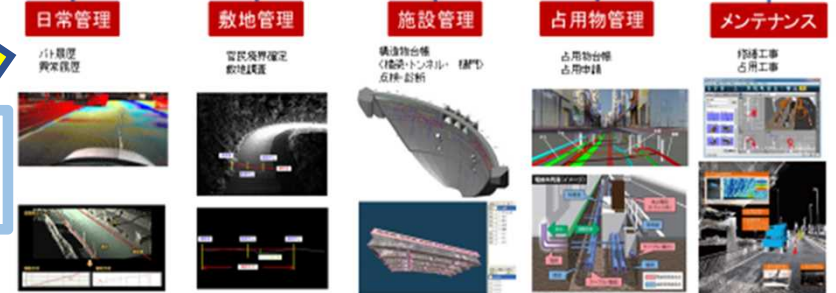
データ詳細度（精度と密度）に見合った“重ね合わせ法”検討

BIM/CIMを活用した維持管理の高度化・効率化

国土交通省

- ・パトロール、敷地、施設、占用物、メンテナンス工事など幅広い分野で高度管理が実現
- ・三次元台帳図と一体管理により、リアルタイムで共有が可能となり、効率的な管理体制を構築
- ・三次元台帳図の作成により、プラットフォームが整備可能な環境が整備

道路・河川等の3次元台帳図

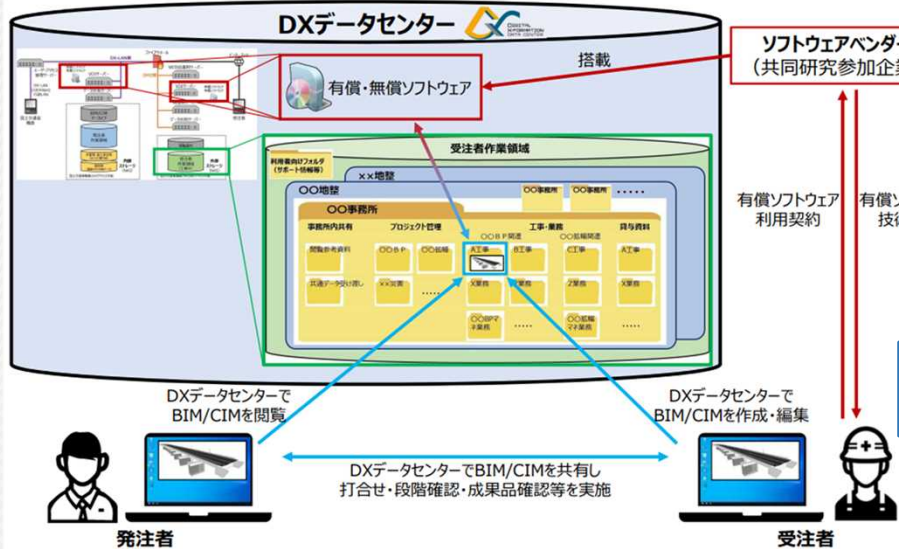


データプラットフォーム活用のイメージ

道路構造物維持管理用データプラットフォームの仕様の検討

8. 実証実験の実施例

○受注者がBIM/CIM等の3次元データを作成・編集し、発注者が3次元データを閲覧することにより、受発注者間で3次元データを共有

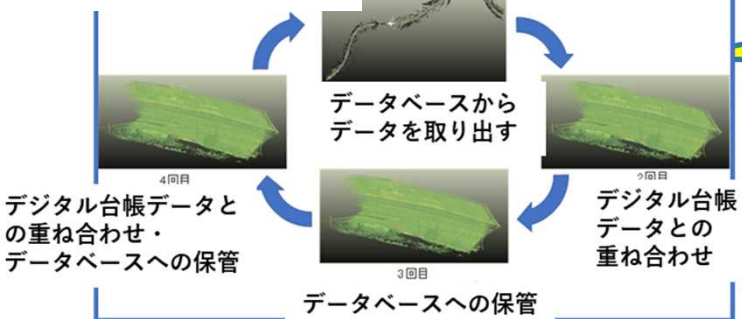


7. 共同研究参加企業のソフトウェア (令和4年8月時点)

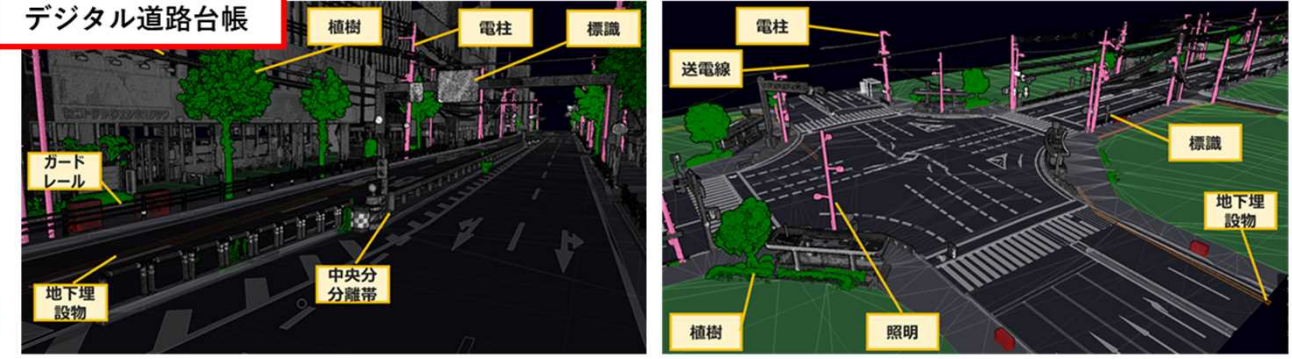
共同研究参加企業のソフトウェアと代表的なユースケース				
参加企業 ソフトウェア	オートデスク AUTODESK AEC COLLECTION 川田テクノシステム	ESRIジャパン ArcGIS	アイサンテクノロジー WingEarth	三菱技研 STRAXcube
	フォーラムエイト UC-1 BIM/CIMツール 福井コンピュータ TREND-CORE		MMS用ソフトウェアベンダーとして、本ソフトが指定されている	
代表的な ユースケース	<ul style="list-style-type: none"> ✓ BIM/CIMの作成・加工・編集・活用等 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 3D管内図の加工・編集 ✓ 3次元データを含む様々なデータを同一地図上に可視化 		

※各社の有償ソフトウェアに加えて、無償ソフトウェア（ビューア）も搭載する予定
※共同研究参加機関及びソフトウェアについては、今後、追加・変更される可能性があります

今年度に完成させたプロセス



デジタル道路台帳



道路台帳附図のデジタル化との連携の検討

：“ソフトウェアベンダー”として指定されている
“Wingearth”等の3次元レーザ点群加工・編集ソフトには
“重ね合わせ”で“変化した個所”を抽出する機能だけが無い

WingEarthは考える。

AIによる自動分類 登場！

地面かな？

歩行者かな？

建物かな？

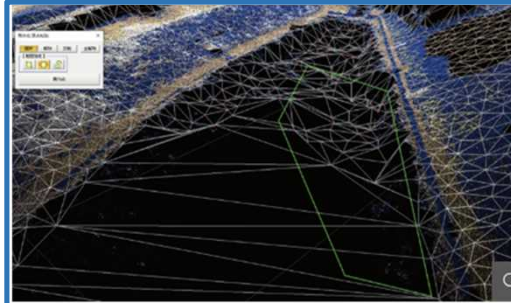
植生かな？

3次元画面操作（ビューワー機能）や点群の選択・解除，点群の部分的な削除やフィルタリング操作を標準装備。

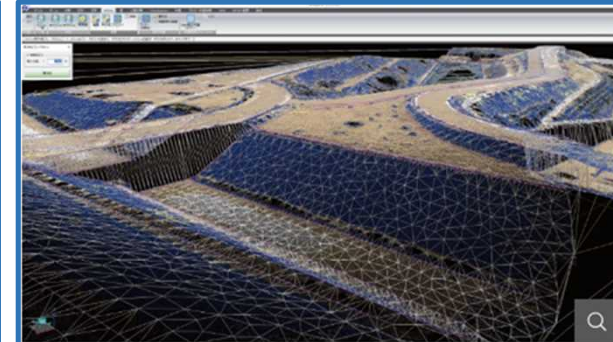
+

「地面」「建物」「植生」などをAIによって自動的に属性分類し，点群グループとして登録できる機能を装備。

本研究で開発した手法と組み合わせることにより，
MMSデータの有用な利活用を実現できる。



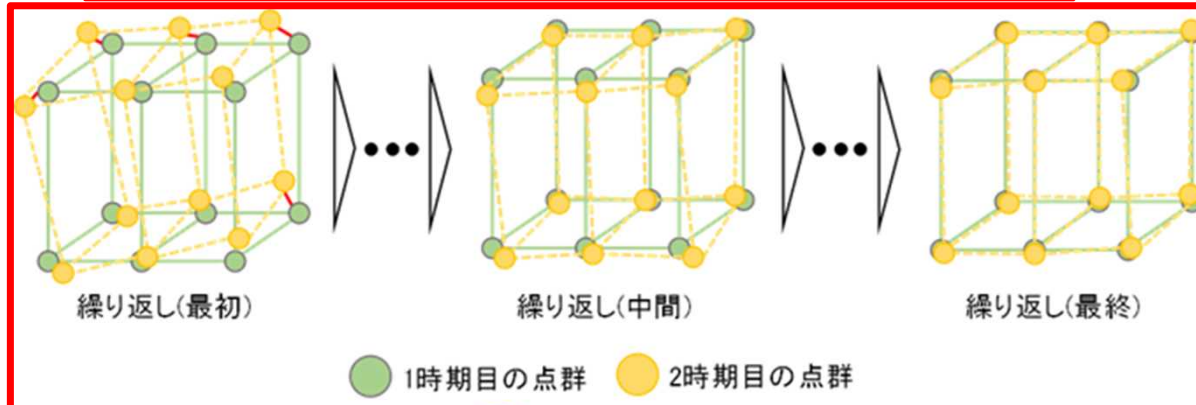
MMSによる3次元地形モデルを正確に作成するためのメッシュの編集ツールや結合・分割ツールを搭載。



MMS以外の3次元データとの融合を簡単な操作で実行可能

3次元レーザ点群の編集とビューワーに関する，あらゆる機能を標準装備しているソフト

2時期の3次元レーザを“重ね合わせる機能”は装備されていない



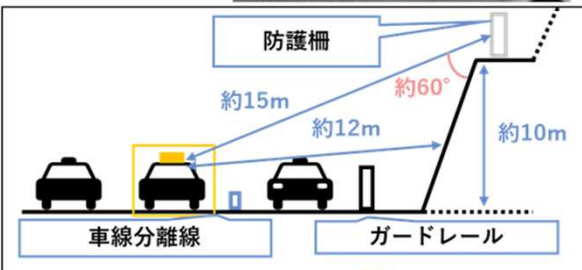
本研究で開発した手法は，AIにおける“レンジストレーション”という“マッチング”手法の基本理論

道路構造物維持管理用データプラットフォームの仕様の検討：3次元点群の活用法

<レーザー性能>
照射レート
：100万点/秒
照射距離
：60～100m



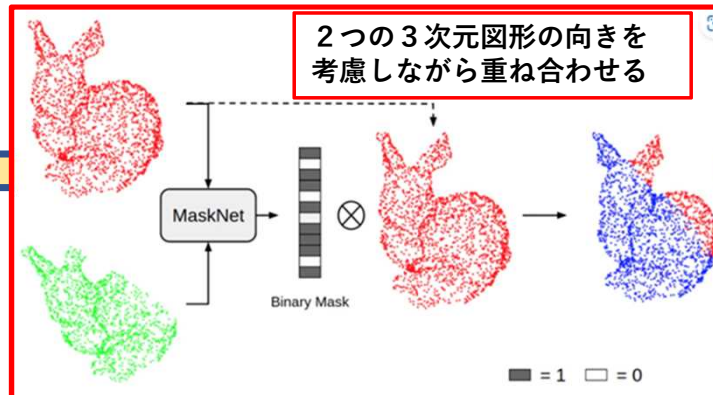
国道9号沿い道路法面



【課題】

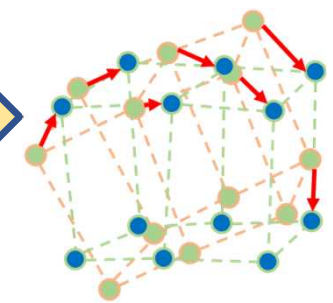
正確に再現されたレーザ点群から、発生した“変状”を、どのように抽出するのか？

【解決策】
人工知能（AI）：レンジストレーションを応用する



任意の座標軸上で再現した3次元モデルを自動的に重ね合わせる技術

【解決策】
人工知能（AI）が“重なり合わない”箇所を可視化する

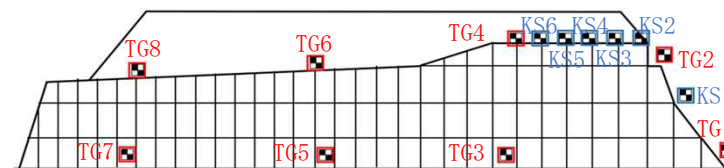
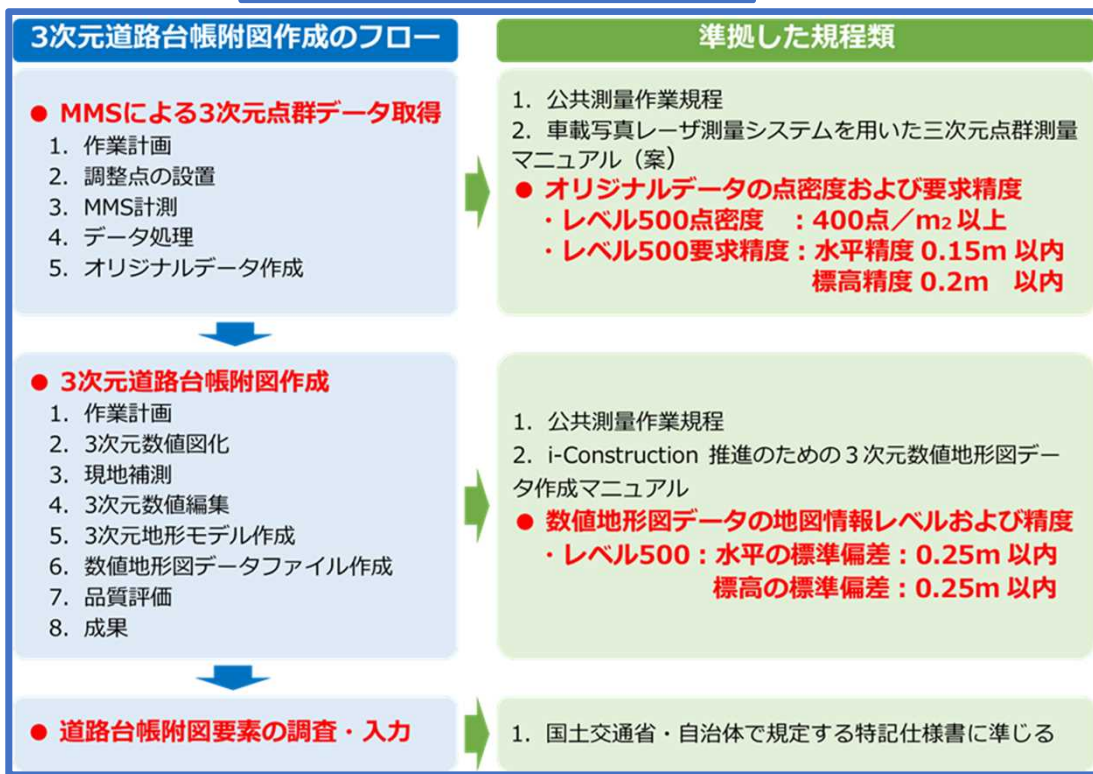


1 時期目：青
2 時期目：緑
重ならない量を矢印で表示

【特徴】
・“座標軸を合わせる”などの労力が不要
・“変状”の向きと大きさの両方が分かる

道路構造物維持管理用データプラットフォームの仕様の検討：MMSの活用法

MMS:地図情報レベル500の仕様



法面上に設置したターゲット一覧
調整用基準点 (TG) は8点, 検証点 (KS) は6点

MMS点群密度の確認 (点/m²)

	点群密度 (点/m ²)			
	MMS 40 km/h		MMS 50 km/h	
	1 時期目	2 時期目	1 時期目	2 時期目
TG1	1065	1016	839	827
TG3	1094	982	1010	837
TG4	584	602	496	488
TG5	967	957	869	796
TG6	543	639	512	518
TG7	906	900	600	761
TG8	604	500	549	465
KS1	655	610	455	529
KS2	582	561	473	445
KS3	631	586	502	510
KS4	610	620	480	516
KS5	588	520	441	433
KS6	629	573	484	457

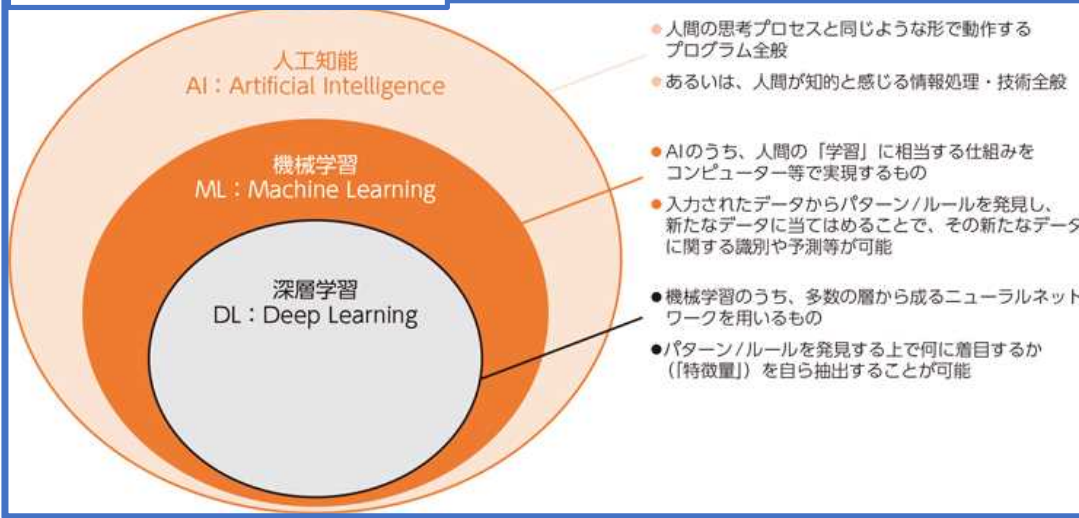
MMS精度の確認：検証点 (KS) におけるTSとの比較 (単位：m)

	40 km/h の MMS 計測の相対較差 (2 時期目-1 時期目)		40 km/h の MMS 計測の絶対較差 (1 時期目と 2 時期目)	
	ΔXY	ΔZ	ΔXY	ΔZ
平均値	0.028	0.024	0.025	0.026
絶対値の最大値	0.081	0.048	0.057	0.055
RMS 誤差	0.027	0.017	0.016	0.018

	50 km/h の MMS 計測の相対較差 (2 時期目-1 時期目)		50 km/h の MMS 計測の絶対較差 (1 時期目と 2 時期目)	
	ΔXY	ΔZ	ΔXY	ΔZ
平均値	0.043	-0.059	0.020	-0.006
絶対値の最大値	0.053	0.052	0.036	0.050
RMS 誤差	0.014	0.007	0.014	0.031

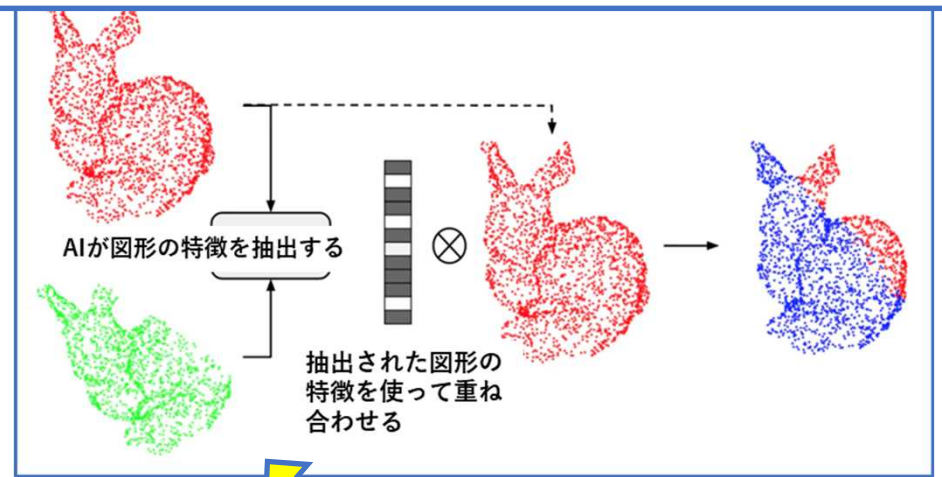
MMSによる3次元点群の活用法 : AIによる“変状発生箇所”の自動検知

導入するAI：“Deep Learning”



AI：“Deep Learning”の導入原理

⇒ 図形の形を認識して、図形を平行移動させて回転させて重ね合わせる



3次元点群で表現

“ICP”の課題

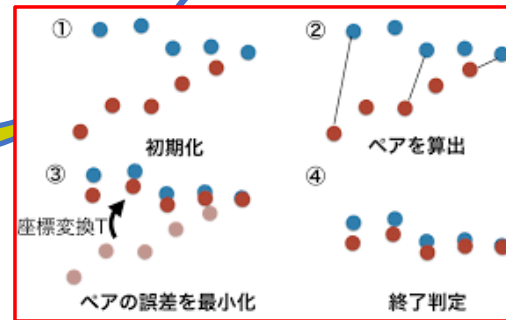
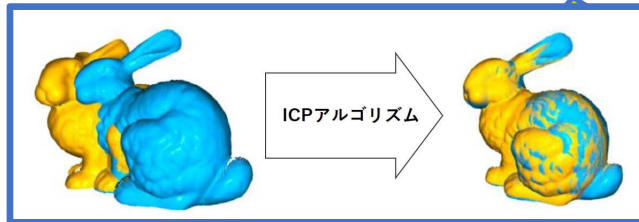
- 座標軸が同じでなければならない。
：図形が回転していると間違っ た答えを出す。
- 点群密度が違うと対応できない。

“ICP”の原理

- 最も近い点を重ねる

2時期の3次元点群を重ね合わせて“変状”箇所を抽出する

⇒ 現在は“ICP”というアルゴリズムを使うのが一般的

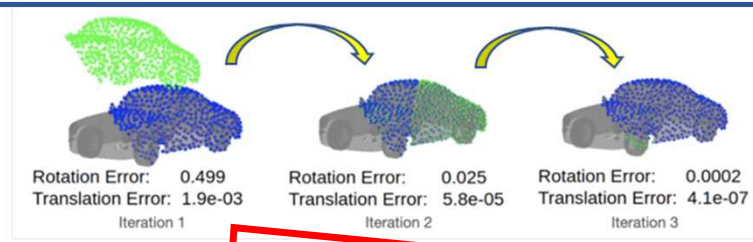
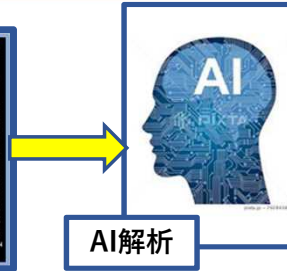
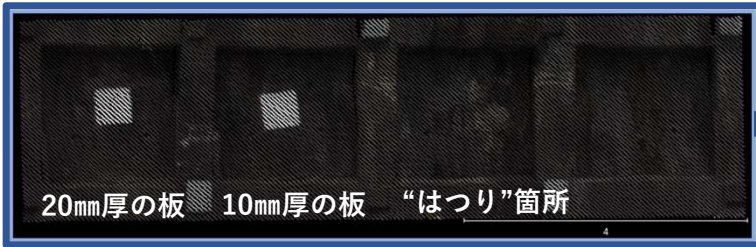


“AI”の利点

- 座標軸が同じでなくても良い
- 図形の一部しか無くても良い
- ソフトはオープン化され、誰でも簡単に入手できる
- 既存プログラムとの連携が容易

MMSによる3次元点群の活用法 : AIによる“変状発生個所”の自動検知

MMSによる点群



Rotation Error:
回転させて合わない誤差
Translation Error :
平行移動させて合わない誤差
↓
両方の誤差が0になる様に調整

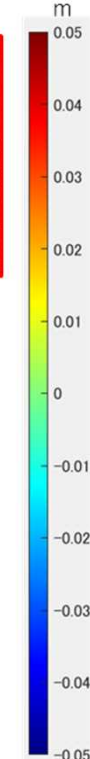
10mm厚の板の検出例

1時期目 2時期目



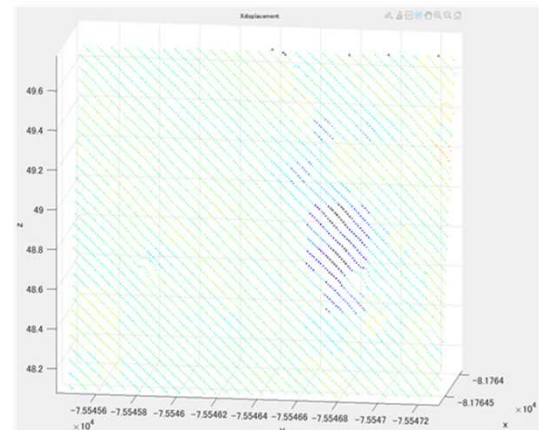
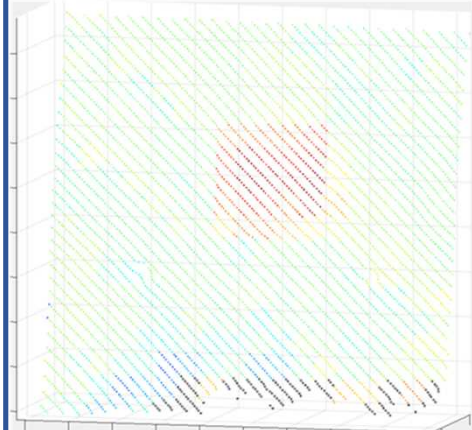
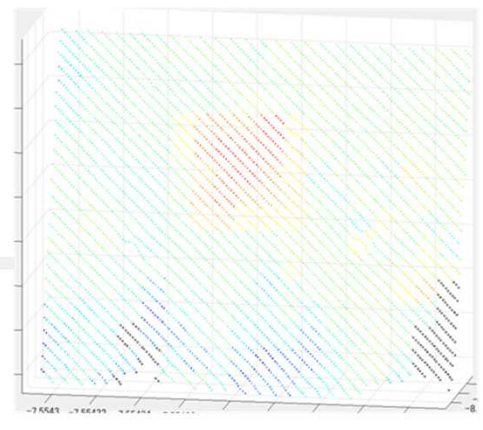
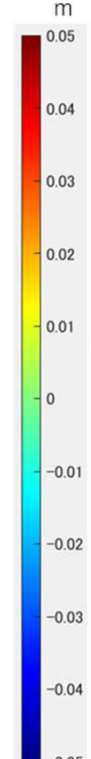
20mm厚の板の検出例

1時期目 2時期目



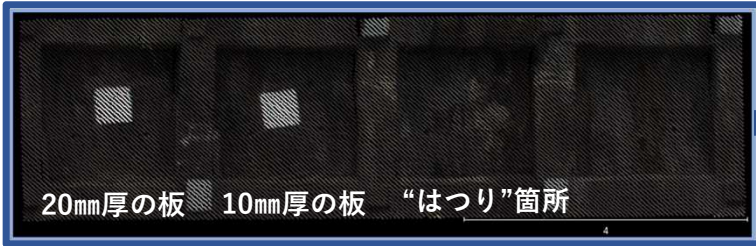
深さ40mmの“はつり”箇所の検出例

1時期目 2時期目

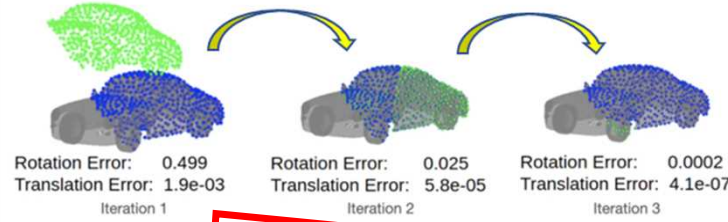


MMSによる3次元点群の活用法 : AIによる“変状発生箇所”の自動検知

MMSによる点群



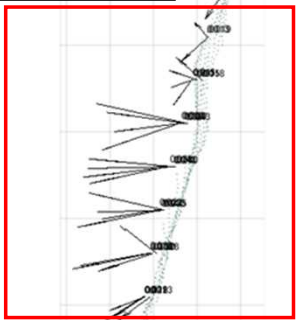
AI解析



Rotation Error:
回転させて合わない誤差
Translation Error :
平行移動させて合わない誤差
↓
両方の誤差が0になる様に調整

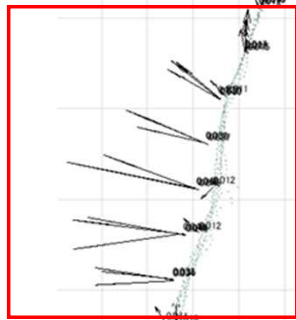
10mm厚の板の検出例

10mm厚板
設置箇所



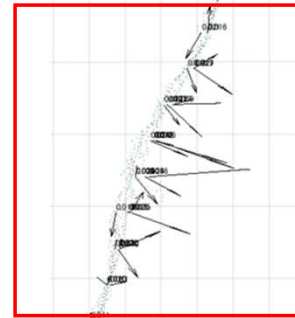
20mm厚の板の検出例

20mm厚板
設置箇所



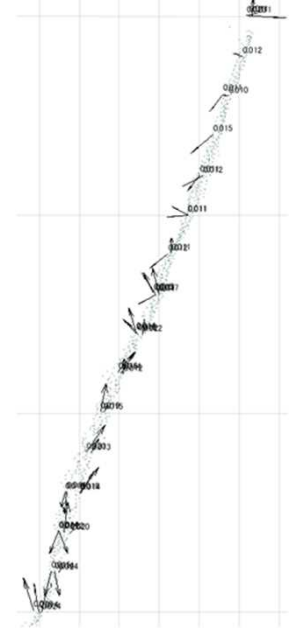
深さ40mmの“はつり”箇所の検出例

植生



“はつり”
実施箇所

変化なしの箇所の解析例

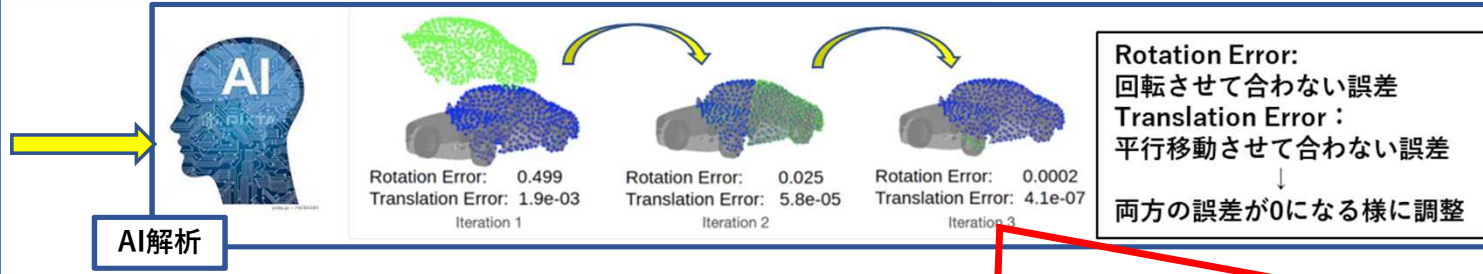


MMSによる3次元点群の活用法 : AIによる“変状発生個所”の自動検知

1時期目



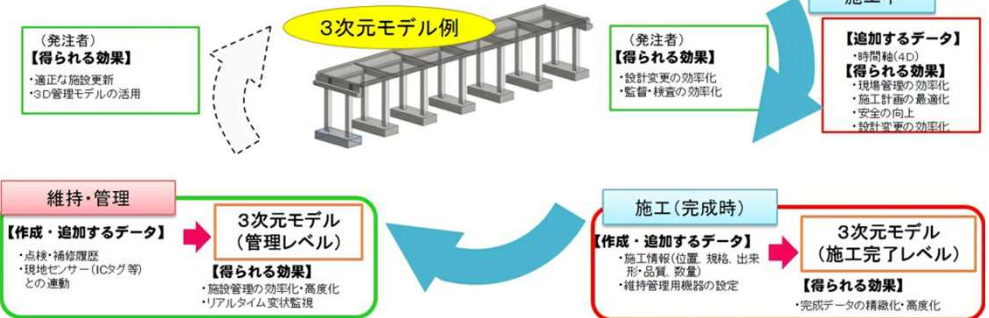
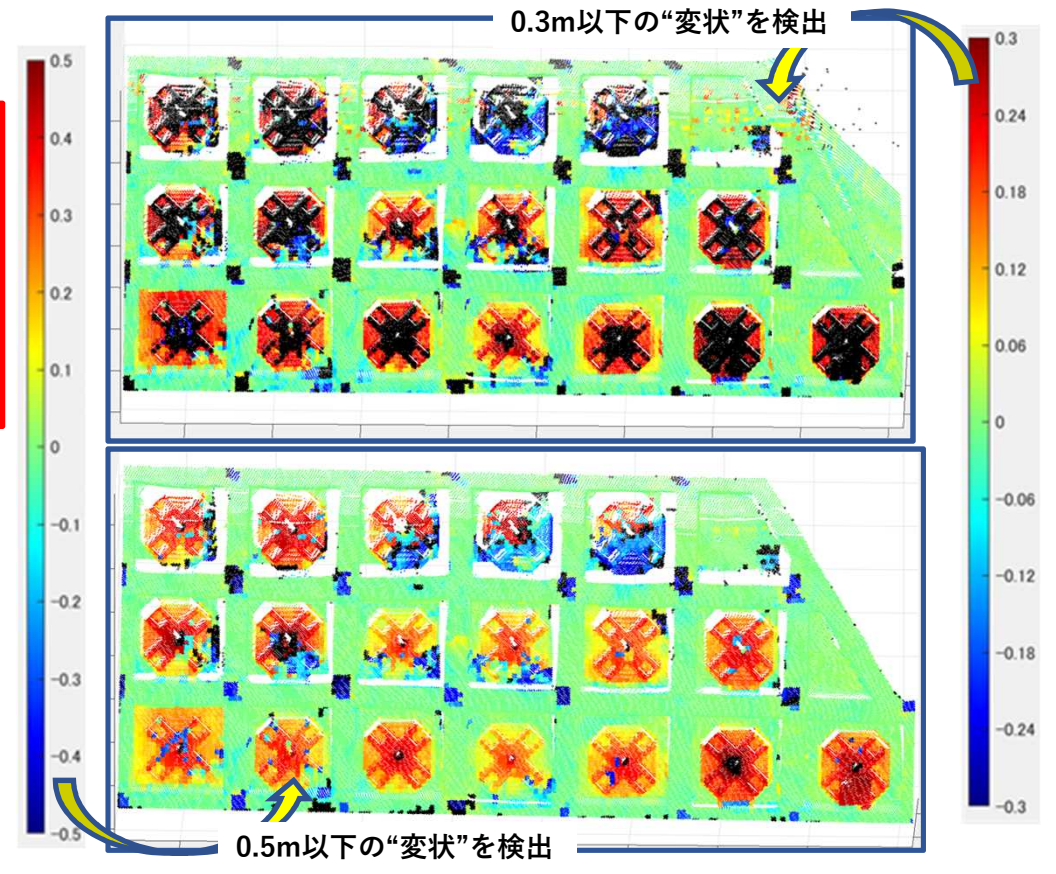
2時期目：アンカーを設置



BIM/CIMとの連携
・1時期目 アンカー工無
・2時期目 アンカー工有

↓
アンカーを“変状”と
見なしてAI解析

↓
“アンカー工”の部分だけを
“変状”として抽出する



(発注者)
【得られる効果】
・適正な施設更新
・3D管理モデルの活用

(発注者)
【得られる効果】
・設計変更の効率化
・監督・検査の効率化

【追加するデータ】
・時間軸(4D)
【得られる効果】
・現場管理の効率化
・施工計画の最適化
・安全の向上
・設計変更の効率化

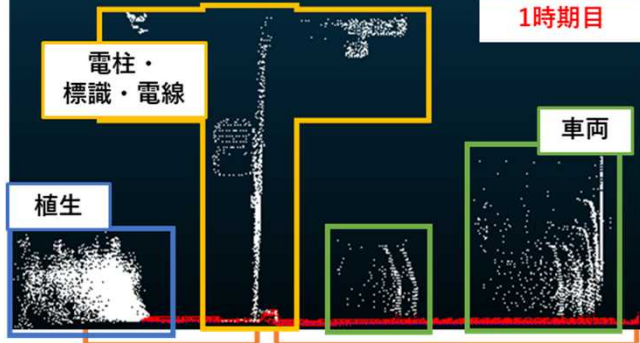
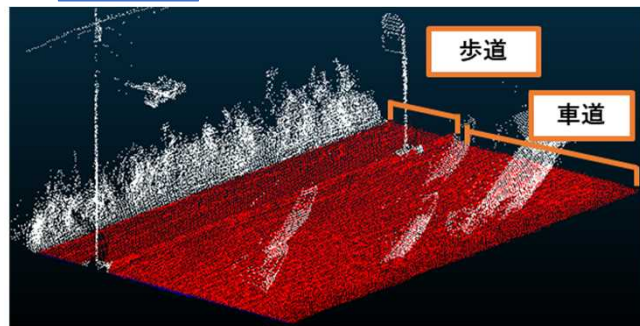
【作成・追加するデータ】
・点検・補修履歴
・現地センサー(ICTタグ等)
との連動

【作成・追加するデータ】
・施工情報(位置、規格、出来形・品質、数量)
・維持管理用機器の設定

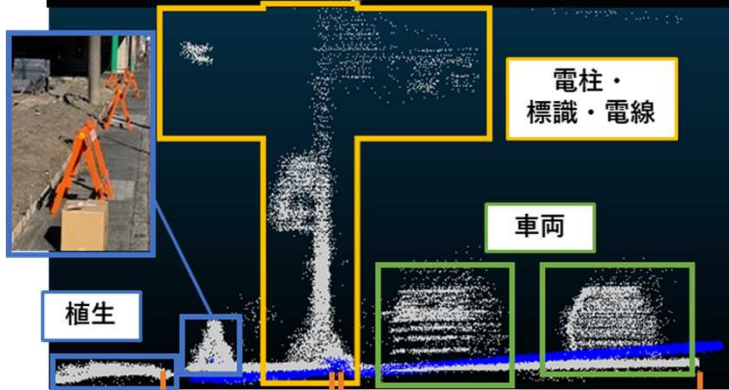
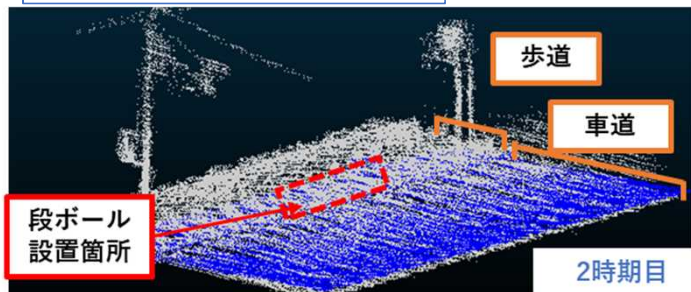
【得られる効果】
・完成データの精緻化・高度化

MMSによる3次元点群の活用法 : AIによる“変状発生箇所”の自動検知 異なる点群密度からの検出

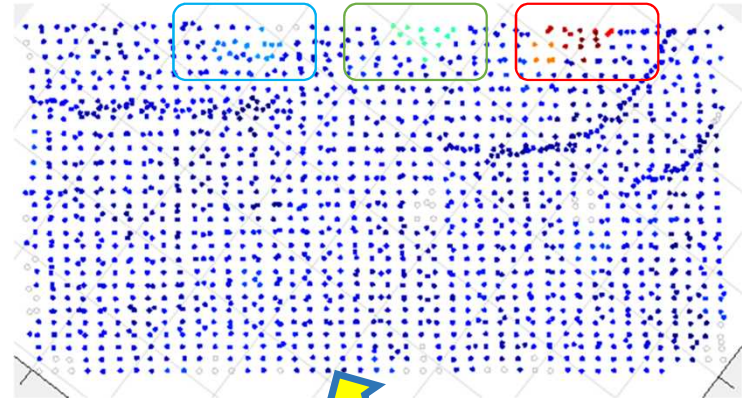
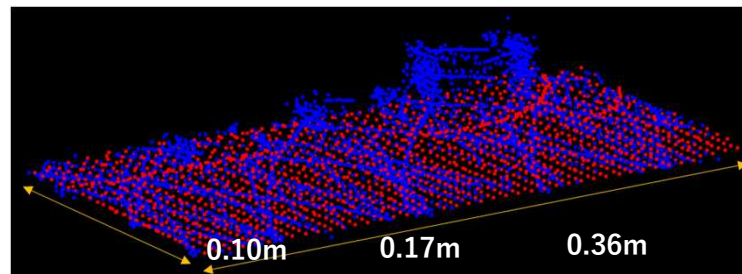
1時期目



2時期目：道路上に物体を設置

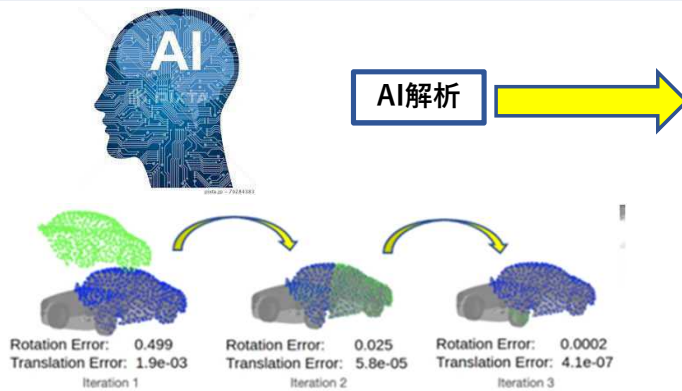


AI解析結果



1時期目
照射距離 65m
密度 約27,000点/秒

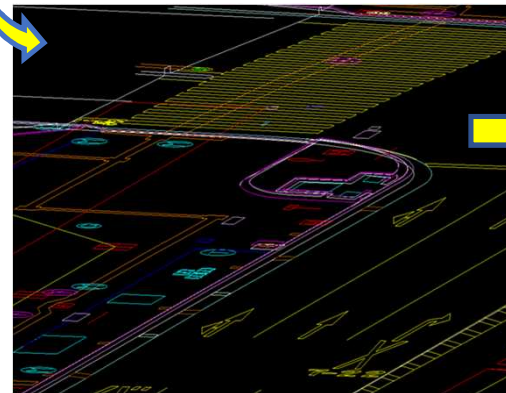
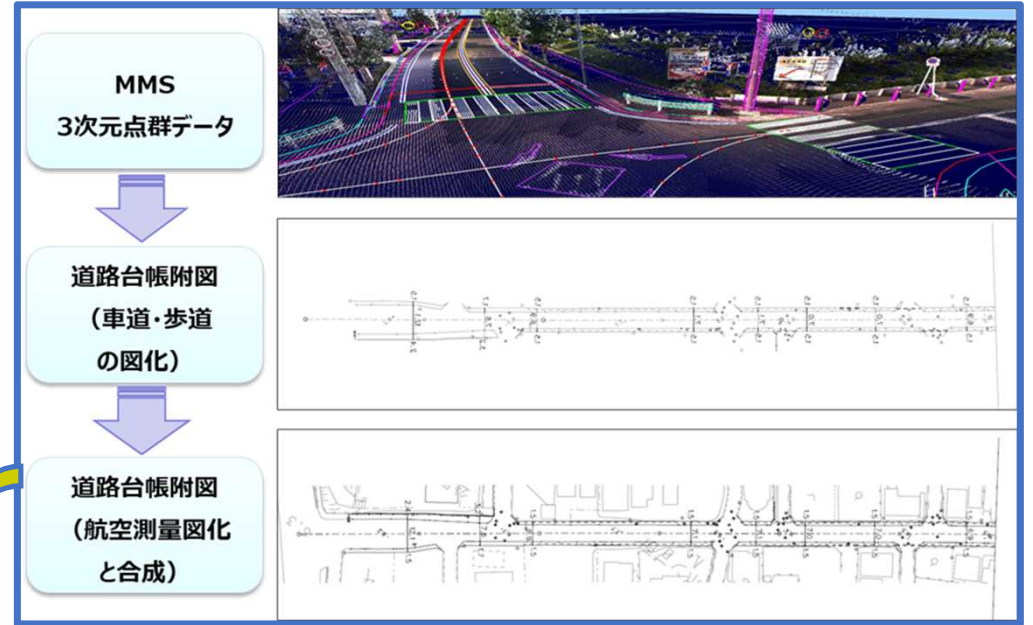
2時期目
照射距離 100m
密度 約300,000点/秒



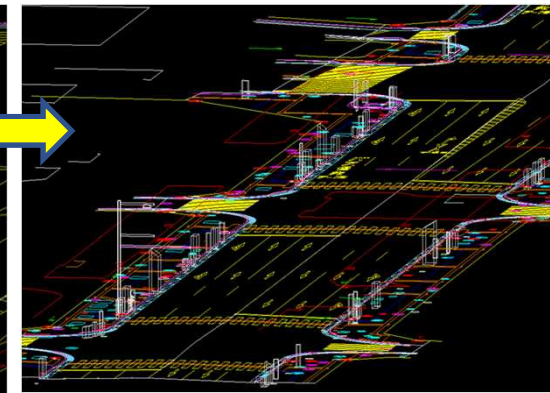
MMSによる3次元点群の活用法 : 道路台帳との連携

MMSの点群をどのように利活用するのか? ⇒ “3次元道路台帳”への展開する

名称	道路台帳平面図	地下埋設物台帳平面図	道路敷地構成図
区分	道路の現況	道路の占用物	道路の敷地 道路の区域の境界線
縮尺 (レベル)	1/500 (レベル500)	1/500 (レベル500)	1/500 (レベル500)
基本図面	道路区域の境界線(道路区域線)、道路区域幅員、道路及び沿道の地形、地物を表示し、道路現況を把握している図面	各占用者その他の主要な埋設物を図面上に線引きを行い、道路境界線等から占用物件までの距離、路面から占用物件の中心上端までの深さ(土被り)、形状、埋設年次等の状況を把握している図面	道路を構成する敷地(筆界線を記入)を地番別、所有者別に把握し、また、道路の区域(境界)に設置されている鉄筋コンクリート標杭等に実測による座標値を与え、基準点及び境界点の成果を記した図面
平面図の主な記載事項	<ol style="list-style-type: none"> 1. 道路の種類, 路線名, 整理番号 2. 路線の起点, 終点 3. 道路区域線, 同幅員, 境界点 4. 付近の地形, 主要施設の名称 5. 区市町村名, 町丁目名, 字名, 街区番号, 地番 6. 道路の現況幅員 7. 曲線半径 (30m未満) 8. 縦断勾配 (5%以上) 9. 横断測量箇所 10. 路面の種類 11. トンネル, 歩行者専用地下道, 新交通(モノレール), 橋, 渡船施設及び名称 12. 自動車交通不能区間 13. 主要な道路の附属物 14. 基準点 15. 主な占用物の露出部 16. 道路一体建物の概要 17. 調製(補正)年月 その他, 道路管理に必要な事項	<ol style="list-style-type: none"> 1. 道路の種類, 路線名, 整理番号 2. 付近の地形, 主要施設の名称 3. 区市町村名, 町丁目名, 字名, 境界線, 地番, 街区番号 4. 占用物件等の地下埋設物の管理者, 位置, 土被り, 埋設年等 5. 地下埋設物横断測量箇所 6. 曲線半径 (30m未満) 7. 縦断勾配 (5%以上) 8. 基準点 9. 試験掘箇所 10. 残置物件箇所 11. 調製(補正)年月 その他, 道路管理に必要な事項	<ol style="list-style-type: none"> 1. 道路の種類, 路線名, 整理番号 2. 路線の起点, 終点 3. 道路区域線, 同幅員, 境界点, 境界点間の距離 4. 未分筆地の境界点 5. 付近の地形, 主要施設の名称 6. 区市町村名, 町丁目名, 字名, 街区番号 7. 道路内及び沿道の筆界線(概略), 地番 8. 道路の現況幅員 9. 路面の種類 10. 基準点 11. 調製(補正)年月 その他, 道路管理に必要な事項
付属する調書	・実延長面積調書 <ol style="list-style-type: none"> 1. 道路の種類, 路線名 2. 路線の起点及び終点 3. 路線の延長, 内訳 4. 自動車交通不能区間 5. 調製(補正)年月 ・歩道幅員別調書 <ol style="list-style-type: none"> 1. 歩道幅員ごとの延長等 その他, 道路管理に必要な事項	・地下埋設物台帳調書 <ol style="list-style-type: none"> 1. 占用物等の種類 2. 占用物等の状況(外径別埋設延長, 埋設年, 最小土被り等) その他, 道路管理に必要な事項	・敷地構成所有者別調書 <ol style="list-style-type: none"> 1. 地番, 地目, 面積, 取得原因, 同年月日, 所有者等 2. 路線の指定又は認定及び供用開始の年月日 ・境界標調書 ・基準点成果表 ・未分筆調書 <ol style="list-style-type: none"> 1. 境界点番号, 座標値, 面積 その他, 道路管理に必要な事項
その他の図面・調書等	・道路台帳縦断面図 ・道路台帳横断面図 ・都道幅員管理図 ・法定調書 ・基準点測量成果等	・地下埋設物横断面図 ・試験掘成果関係 ・残置物件関係	・基準点測量成果等 ・境界点測量成果等

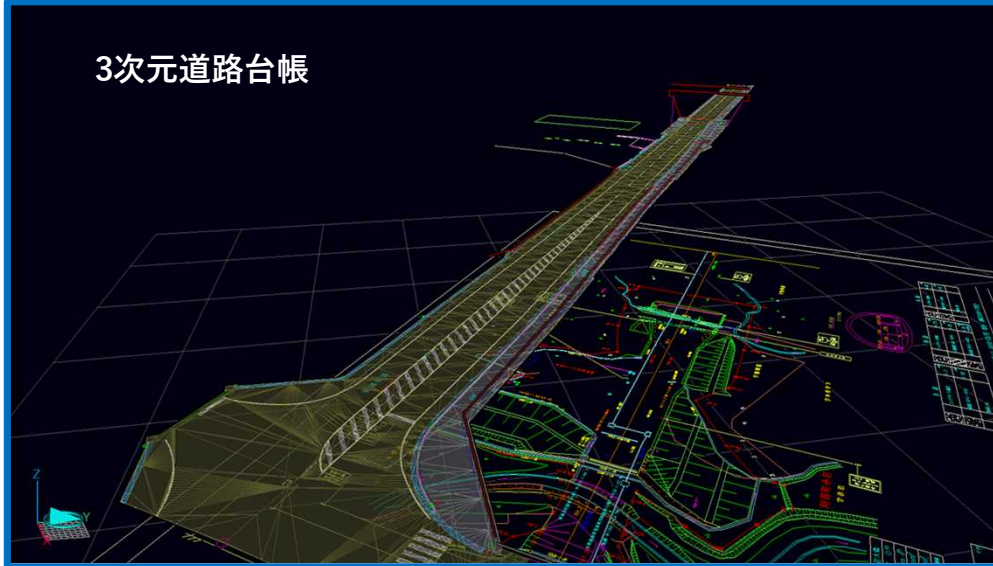


数値図化データ

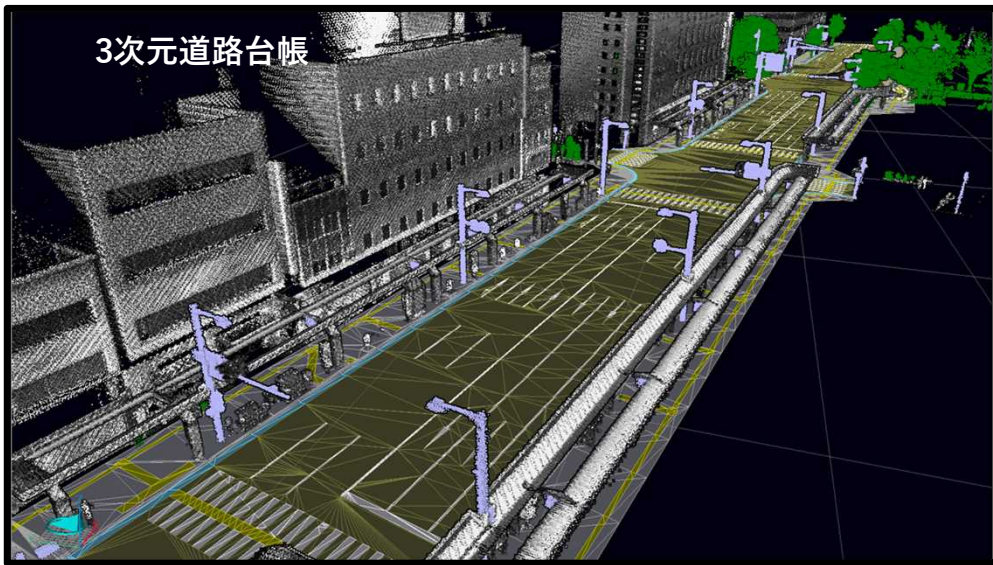


構造物を3次元化した数値編集データの例

MMSによる3次元点群の活用法 : 道路台帳との連携



3次元道路台帳



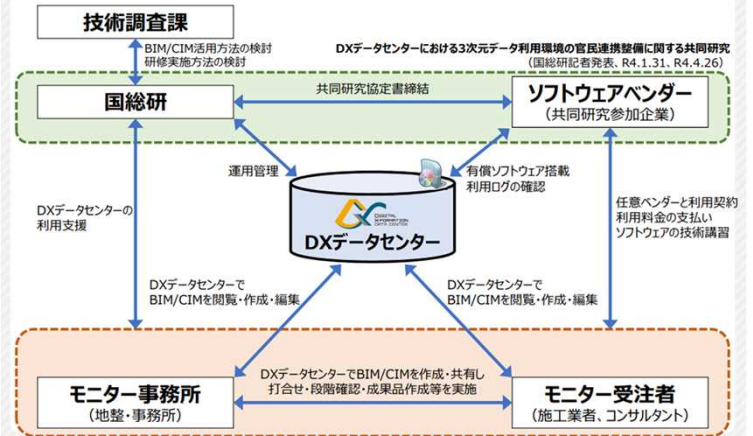
3次元道路台帳

DXデータセンターにMMS点群を保管することで、“3次元道路台帳”の作成が可能

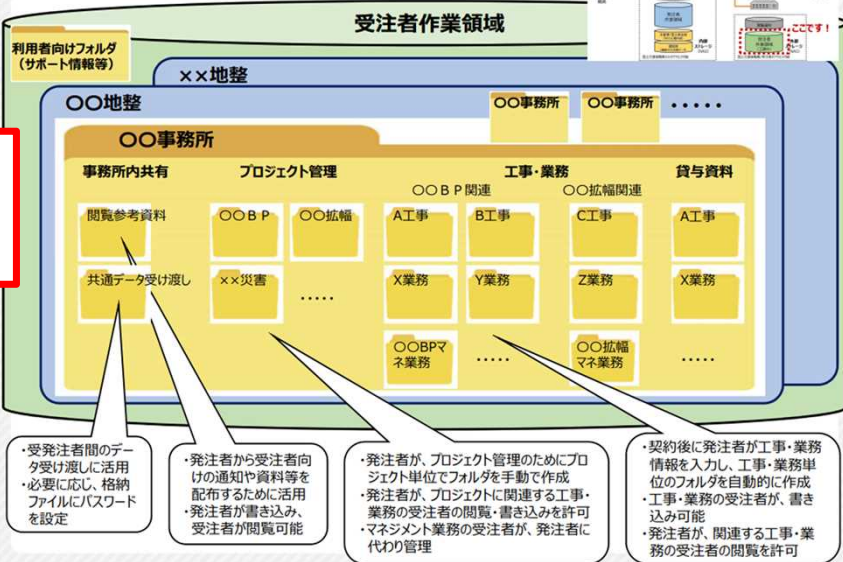
“3次元道路台帳”の点群を比較することで、インフラ構造物の変状個所の定量化が可能

6. 有償ソフトウェアの利用 (実証実験)

OBIM/CIM等の3次元データを取り扱う有償ソフトウェアをDXデータセンターに搭載し、国土交通省の工事・業務において受発注者が3次元データの閲覧、作成、編集、共有等に利用



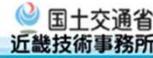
5. 受注者作業領域の利用



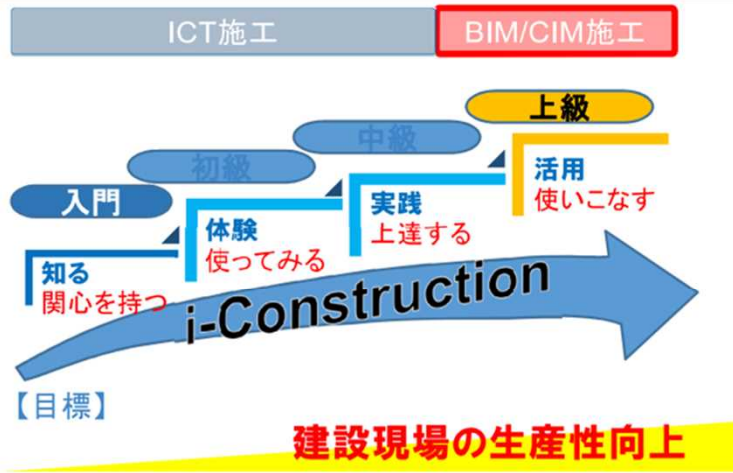
i-Construction推進のためのBIM/CIM用データプラットフォームの仕様の検討

近畿技術事務所におけるBIM/CIM研修の狙い

人材育成とインセンティブ



- ・施工段階のBIM/CIM適用と普及には、人材育成のステップアップが不可欠
 - ・人材育成に取り組む企業への取り組み姿勢に**インセンティブ**
- ※インフラDX認定の申請条件に今後の具体的な人材育成計画があり、インフラDX認定されると3年間、総合評価落札方式の「企業の施工能力(表彰枠)」の項目で加点



BIM/CIM施工研修 研修概要(シラバス)



現状

- ICT施工研修では、起工測量やICT施工体験(3次元データ作成、建機への入力)、TLS出来形管理など**施工を中心としたカリキュラム**で実施。
- 来年度からBIM/CIMが原則適用される中、**設計(BIM/CIM)から施工(ICT)へデータの受け渡しのスキルやノウハウの習得が必要**

NEW!

BIM/CIM施工研修

施工段階のBIM/CIM適用と普及拡大には、**設計から施工へのデータ受け渡しに着眼した人材育成(施工者・設計者・発注者)**が必要。

設計者はどのようにデータを作成・納品すればよいか

施工者はどのように設計データを加工してICT建機に入力すればよいか

発注者(発注者支援含む)はどのようにデータを確認すればよいか

シラバス

- ①BIM/CIMデータの設計から施工への**理想的な受け渡しを体験・理解**する。
- ②発注者・設計者・施工者の役割にとらわれず、**データ受け渡しの全体を理解**する。
- ③BIM/CIM設計データ(J-LandXML)の**作成・納品・確認**ができる。
- ④BIM/CIM設計データを起工測量や変化点を考慮し**ICT建機用データに編集**できる。

研修項目	研修内容
BIM/CIM概論(座学)	BIM/CIMの目的、インフラDX・i-Con・BIM/CIM・ICT施工の関係、基準類、リクワイヤメント等
BIM/CIM設計データの受け渡し(座学)	現況地形・計画道路・計画サーフェス・納品データ(J-LandXML)の作成、モデルの照査等
BIM/CIM施工データの作成(座学)	データ確認、データ編集(起工測量反映、中間点追加)、ローカライゼーション、建機への入力等
アクティブラーニング	グループ討議(講義の振り返り、BIM/CIM推進に向けた課題等)、グループでの発表等
BIM/CIM施工データの作成演習	グループごとのBIM/CIMデータ編集の演習、グループでの発表等
達成度試験	学んだことの理解・確認を目的とした択一試験、BIM/CIMデータ編集の実技(個別演習)等

【研究開発の目的】

設計データを基にした3次元施工データの作成法やMC/MGを実施するための3次元データの再測法を整理し、**施工に携わる技術者向けのBIM/CIM活用に関するノウハウを具体的に明示したマニュアルを作成し、近畿技術事務所における研修に活かすことができるデータ集を作成する。**

【研究開発の成果】

近畿技術事務所における研修に活かすことができるデータ集を作成する ⇒ 研修テキストの作成

研修テキスト：ICT施工データの作成に関する内容

“i-Constructionにおける品質確保検討委員会”にて議論された内容

問題点	対応策	今後検討事項
① 曲線部の3次元設計データはTIN（不整三角形網）で作成されているため、MC機械での施工が難しい。	曲線部の施工については、オペレーターの熟練技術により巻き込み部等の曲線半径が小さい箇所についてはICT施工対象外とする。	3次元設計データとの誤差は0～300mm程度発生した。
② 橋台ウイングや竹藪、高架橋が障害となり、GPSの受信不良が発生し、GNSS転圧管理システムの不具合が生じた。	品質証明のため、現場密度を測定して対応。	GNSSの受信状況を安定させるための仕組みを検討。
③ MCバックホウで、夕方（16:00頃）GNSSの受信状況が悪くなり、設計面と-10cm～20cm程度のズレが生じた。	丁張りを設置し、従来工法を併用して作業を実施。	原因を調査中。 ※施工前のGNSSの受信状況を確認して、受信不良の範囲がある場合の、基準の整備が必要。
④ コーナー部、端部において、施工機械の施工スペースが確保できず、MCバックホウを使用した作業ができない。	オペレーターの熟練技術により、重機を傾けて使用したり、サイドカッターを使用して作業を行った。	施工スペースの狭い箇所についてはICT施工対象外とする。
⑤ 高架橋の真下は、施工スペースが狭くMCバックホウ（0.7m ³ 級）が使用できない。	MC機能のない通常のバックホウ（0.1m ³ 級）で作業を実施。	施工スペースの狭い箇所についてはICT施工対象外とする。
⑥ 盛土材に30cm以上の転石を含んでいる場合、仕上がり厚30cmが確保できない。	土砂置場で、ふるいわけを実施し、転石を取除いた良質土にて盛土を実施。	土砂に30cm以上の土質を含んだ場合の対応を明確化。 ※見える化（ICTプル）により、30cm以上で敷均したデータが残る

- ・ MC/MGの操作に不具合が出る理由
- ・ 設計図面を改良しておく点
- ・ 設計図面に基づいて施工図面を作るときの留意点 etc.

研修テキストに反映させた内容

追加断面無

追加断面有

施工データの法面を長めに作成する理由

黄色が切だし位置とすると、黄色線より上にデータがないと施工範囲外とメッセージが出る恐れがあります。大きめに作成すると現場で実際の切出し位置が図面と違って対応できます。また、上方の法面でバケットの角度を合わせ施工を開始するとスムーズに施工できます。

(1) - 7 3次元設計データをチェック

根拠資料の例

作成したデータと設計図面の数値をチェック

基準点の確認 (例)

横断図の確認 (例)

作成したデータと図面の形状を重ねてチェック

データ重ね合わせによる横断図の確認 (例)

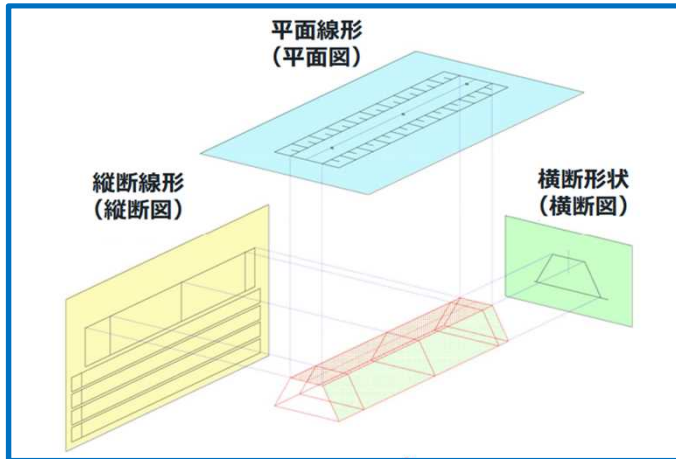
留意点

✓ 根拠資料：請求により提出。提出が必須ではない。

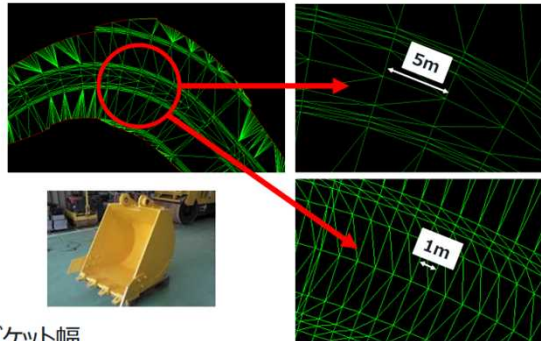
ソフトウエアによる表示あるいは印刷物の3次元ビューの確認 (例)

研修テキスト：ICT施工データの作成に関する内容

“i-Constructionにおける品質確保検討委員会”にて議論された内容



研修テキストに反映させた内容

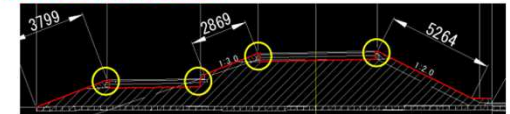


バケット幅
標準：1.17m → 1つのTINは**2.5m以上**
法面：2.00m

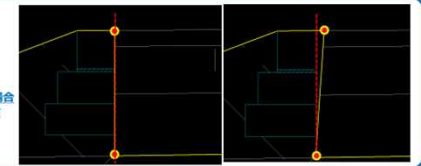
③. 側溝等構造物の側面は外側に1cmずらして作成します。

建機の特性上、同じ座標に高さの異なる点を作成すると施工ができません。
側溝等構造物の側面は垂直ではなく、外側に1cm以上ずらした面を作成します。

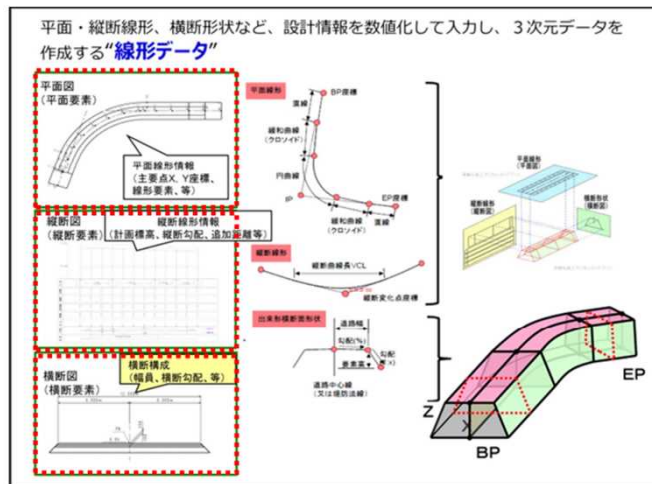
例) 赤ラインが出来形の形状とした場合



次のデータは使用できません。
①座標X、Yが同じでZ値が異なる面がある場合
②側面が垂直もしくは内側に折れている場合



問題点
曲線部の3次元設計データはTIN（不整三角形網）で作成されているため、MC機械での施工が難しい。



問題点
曲線部の施工については、オペレーターの熟練技術によりカーブ施工を行った。3次元設計データとの誤差は0~300mm程度発生した。

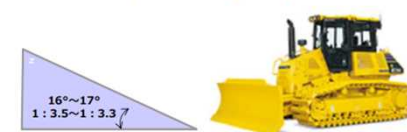
油圧ショベルでの特性

70°がマシンコントロールの限界
70°以上の法面に対してはマニュアルモードになる



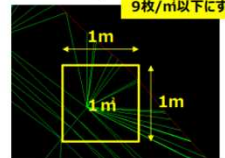
ブルドーザーでの特性

法面の下から作業する場合は、16°~17°(1:3.5~1:3.3)まで
土質によっては、20°(1:2.74)程度まで可能



TINの数

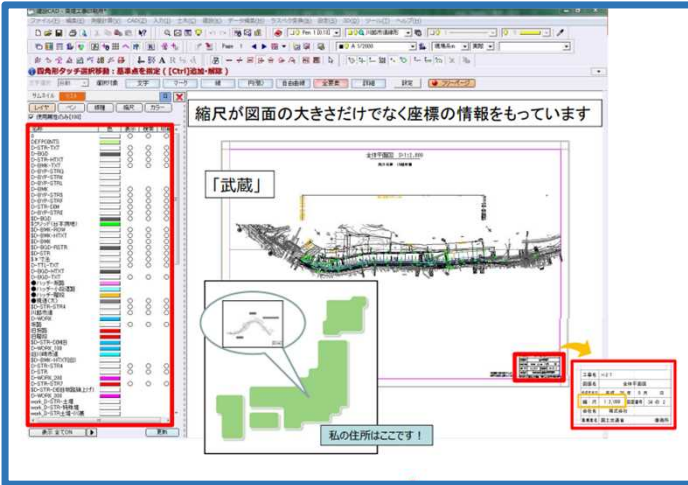
9枚/m以下にする



1mに9枚以上のTINがある場合、建機でエラーが出ることもあり、その際には事前に相談させていただきます。(この数値は形状にもよる)

研修テキスト：ICT施工データの作成に関する内容

“i-Constructionにおける品質確保検討委員会”にて議論された内容



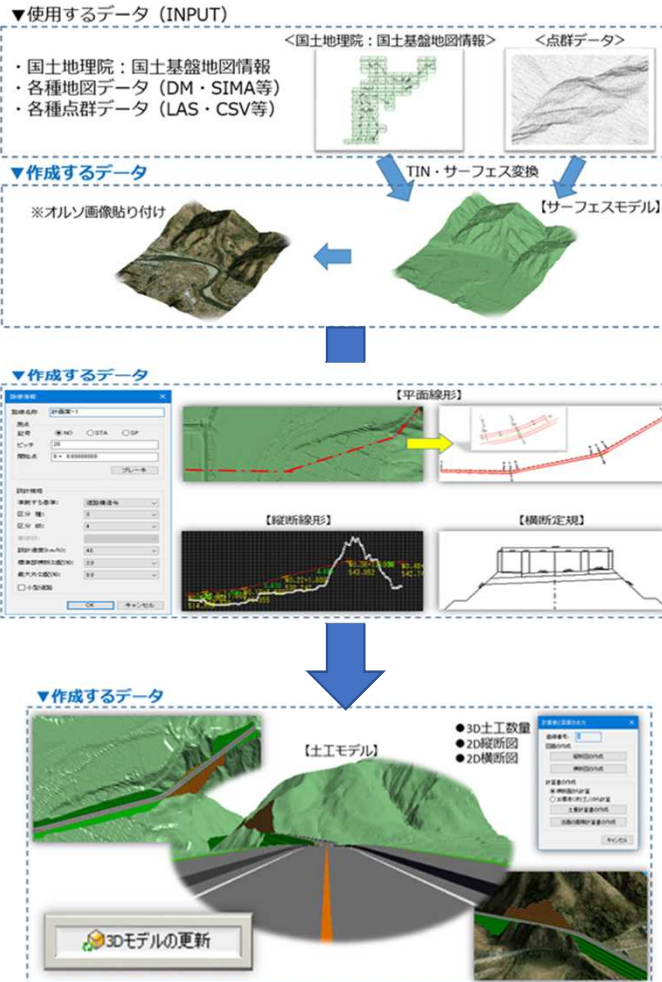
問題点

橋台巻き込み箇所などの曲線部においては、TIN（不整三角形網）を細かく分割して3次元設計データ化する必要があるが、明確な基準が無い。（細分化するほど作業量が増大する）

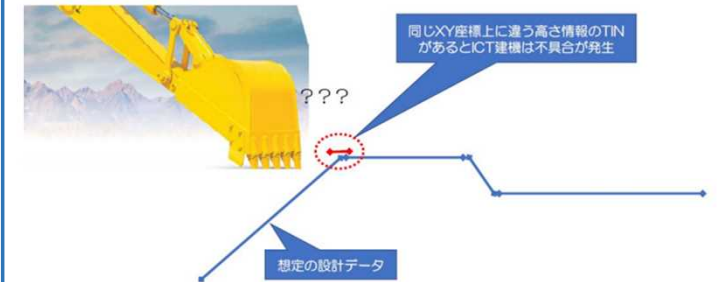
特定のソフトウェアの使い方の講習が必要
：IFC関連 と LandXML関連では使っているソフトが、ほぼ決まっている

研修テキストに反映させた内容

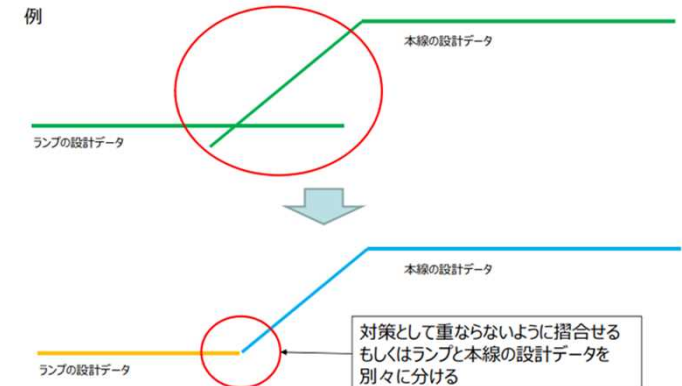
ソフト上でのデータ作成工程



不要なTINデータの存在とICT建機の不具合の関係

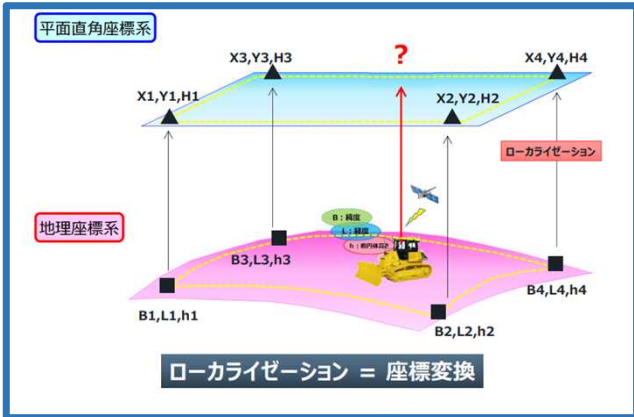


1つの設計データにXY座標値上に高さ違いのTINデータが存在すると不具合が起きます



研修テキスト：ローライゼーションに関する内容

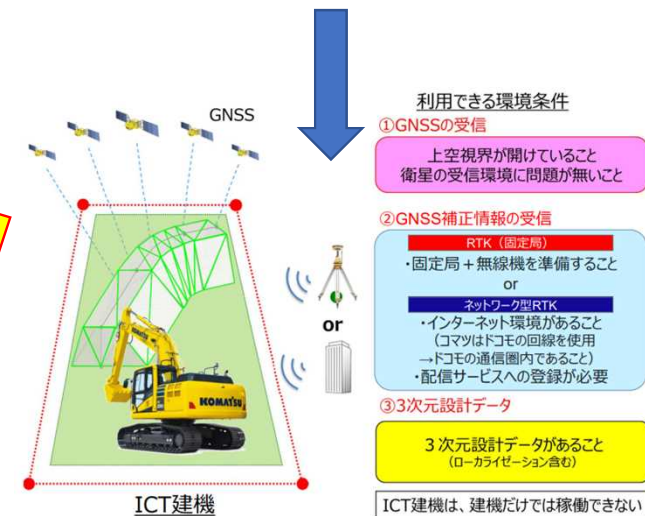
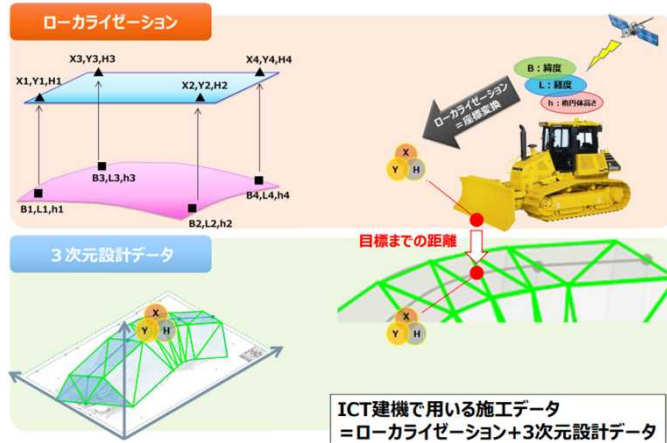
“i-Constructionにおける品質確保検討委員会”にて議論された内容



問題点	本工事での対応
曲線部の3次元設計データはTIN(不整形三角形網)で作成されており、施工面との誤差が大きい。	曲線部の範囲に存在する計測点は評価点から外す。
切土法面において、転石が存在したり、軟岩が露頭した箇所が存在し、3次元設計面と相違する。	転石、及び軟岩露頭箇所については、その範囲に存在する計測点を評価から外す。
ICT建機がGNSSの受信状況により正常に作動しなかった場合の出来形管理をどうするか。	ICT建機との施工と同等の仕上がりであった。 従来工法により施工。 (丁張り+熟練オペレーターによる施工)
ヒートマップ作成に使用するソフトについて、評価対象範囲の変更ができなかったり、自動帳票作成機能が無い等、不都合な点が多い(ソフト自体も少ない)	評価対象外を除いた3次元設計データを作成し、手入力で作成帳票を作成した。 (ソフト自体も少ない)

研修テキストに反映させた内容

ソフト上でのデータ作成工程



工事基準点

…位置情報を持った点
工事現場に必ず設置される



現場に施工エリアを取り囲む
4点以上の工事基準点を準備



平面直角座標系

	X	Y	H
C	-44040.093	22842.649	3.26
D	-44164.2	22697.367	3.904
E	-44071.288	22619.448	3.906
F	-43920.312	22743.991	3.548

現場に施工エリアを取り囲む
4点以上の工事基準点を準備



研修テキスト：ソフトウェアに関する内容

“i-Constructionにおける品質確保検討委員会”にて議論された内容

LandXMLの課題

・J-LandXMLは、一筆の断面と中心からのその距離とその属性を出力するものであり、切土・盛土が一体的に出力されてしまうため分割する作業が必要：ICT建機としては盛土，切土，路床・路体などのそれぞれのデータ登録が必要である。

・J-LandXMLは複数線形に対応していないため、線形数のJ-LandXMLで線形別での分割形状を想定したデータを作成し出力する必要がある。

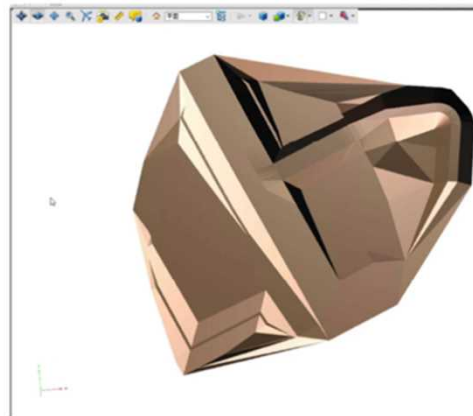
・横断的なデータであるため、細部については手作業でサーフェスを修正する必要がある。また手作業を入れたデータはJ-LandXMLで再度出力することが出来ない。

・単一線形区間以外については暫定的な受け渡し方法が必要である。

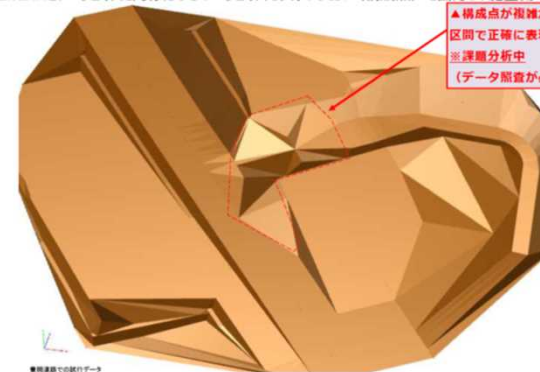
・設計時点でのデータは、出来形の面的管理用で活用できるものであり、施工建機用のサーフェスとは異なることに留意が必要である。

研修テキストに反映させた内容：LandXMLでのモデル作成方法の基本と留意点を記載

・設計者によりサーフェスモデルからLandXML（サーフェス）を出力し、施工側で取り込んだ



・LandXMLサーフェスと同様に3Dサーフェスモデルからcsv（構成点）を出力し、施工側で取り込んだ



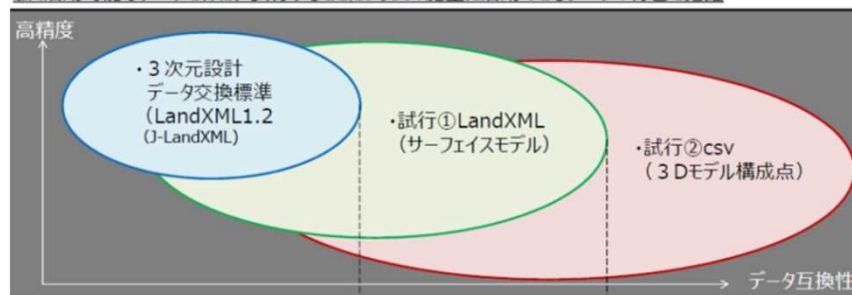
研修テキストに反映させた内容：現状の紹介

土工面を構築するために構造物や別線形それぞれに線形を持たせ施工している。設計で作る線形も一部で活用するが、1工事で10~15線形は作成し、小規模なデータを構築して、分割・切り替えなどで各々を施工している。

設計時点でのデータは、出来形の面的管理用で活用できるものであり、施工建機用のサーフェスとは異なることに留意が必要である

LandXMLの位置づけ

広く活用可能なデータを作成・試行することによりICT施工に活用できるデータの特徴を把握



	3次元設計データ交換標準	・LandXML(サーフェスモデル)	・csv (3Dモデル構成点)
対象区間	△対象外区間が多い (複数線形、交差点、構造物等)	○対象外区間が少ない (トンネル、構造物区間)	○対象外区間が少ない (トンネル、構造物区間)
表現範囲	▲垂直など表現できないソフトウェアが多い	△土工形状以外を表現が困難	○擁壁などの形状を表現が可能
正確性	(◎横断形状が最も正確) ※未検証	○精度高く表現がなされる	△一部再現の正確性に課題がある (構成点が離れる場合等)
活用性	△施工用形状作成に当たり手間が生じる	○施工用形状作成に当たり修正が容易	△施工用形状作成に当たり修正が容易
対応ソフトウェア	▲対応可能なソフトウェアが限定的	○多くのソフトウェアで対応可能	◎国内外問わず、最も広くソフトウェアで対応可能

研修テキスト：盛り土土工に関する内容

“i-Constructionにおける品質確保検討委員会”
にて議論された内容

ICT土工（盛り土）の課題

・プレロードなどの沈下が生じる盛土では、工事により周辺変化が生じるため、設計、施工中、本体設置時のそれぞれでの地形計測が必要。

・施工側でも着手時点からICT土工用データは作れないので、実施しながら修正している。

・ICT土工用データ作成では、1工事で工程に合わせて10~15の線形を工事単位別に作成して、ICT建機に取り込んでいる。そのため、少しでもデータエラーがあると建機が止まる不具合が発生する。

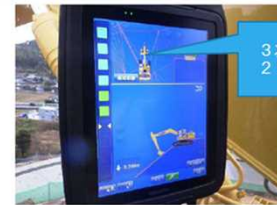
・大規模なデータであるとオペレーターが混乱するための、データを細分化して個別に建機に取り込んで施工している。そこで、完成形状を伝えることにより、施工前の調査段階、事前準備段階で完成形状がシームレスに伝達されるようになり、施工検討の効率化や高度化を図ることができる。

研修テキストに反映させた内容
：実例を紹介することで参考にしよう

研修テキストに反映させた内容：ICT土工の実例の紹介



TSで2m毎の位置を出し、
その間を土方カーブにより
0.5m毎に施工



3次元設計面との誤差
250mm



ふるいわけ状況



転石処分状況



敷均し状況



転石寸法確認



転石処分状況



敷均し状況

研修テキスト：切土工に関する内容

“i-Constructionにおける品質確保検討委員会”
にて議論された内容

ICT土工（切土）の課題

・土側溝は掘削と同時にICT施工データに取り込めるのか不明：排水掘削(作業土工、小規模土工)等、施工現場での掘削は多岐にわたり、それらをどのフェーズで作成するのかが分からない。

・ICT土工の対象は土砂であり、切土は軟岩・中硬岩が生じるケーマが多くICT土工の対象としては難しい。

・設計と発注(極めて流動的)図面が同一となることは極めて限定的である。

・近年、施工を分割する傾向であり、設計断面のまま発注し、勾配が確保できない場合、下段で擁壁を設置する例もある。

・横断勾配変化区間では、断面の補足をする必要がある。

研修テキストに反映させた内容：切土工の実例の紹介



法面整形状況(大型ブレーカー使用)

硬岩部はビッター工法+大型ブレーカー併用での割岩となり、凹凸がある。施工範囲も広く工期短縮のため、路床の施工完了前にモルタル吹付工を施工。

【対策】

①小段毎に出来形測量を行う。

【問題点】

凹凸のある面を面管理することが必要か検討する必要がある。



法面整形完了

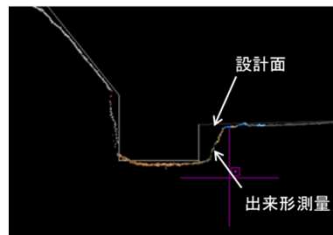
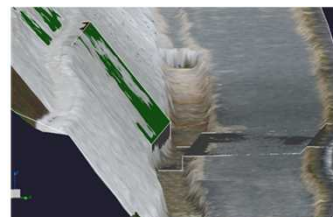


設計面(切土面)

出来形測定(モルタル面を計測)



モルタル吹付完了



設計面

出来形測量

硬岩部の施工で、設計断面を確保するため、広がったため。

【対策】

広がった範囲を、出来形計測範囲より除いてヒートマップを作成する。

【問題点】

設計データの訂正作業に時間・費用がかかる。



平成30年7月豪雨災害



平成30年11月 断層による土砂崩壊



法勾配1:1.5+鉄筋挿入工に変更

2回の土砂崩壊により、平面図、横断面図は作成したが、3次元設計データの変更は実施せず。

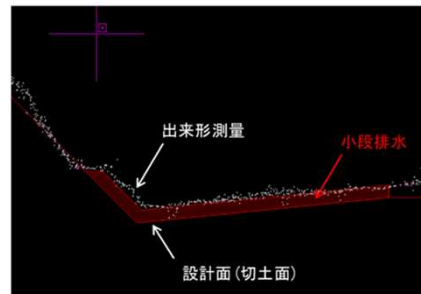
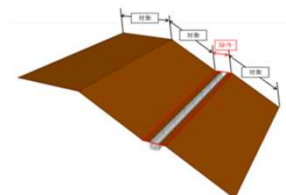
【対応】

丁張りにて施工を実施。(現地合わせの施工が容易)

ICT建機による施工をしていないため必要なかった。

小段排水の形状が3次元設計データに反映できていない。

国交省の出来形管理要領(案)では除外対象



出来形測量

小段排水

設計面(切土面)



研修テキストに反映させた内容
：実例を紹介することで参考にしよう

研修テキスト：ソフトウェアに関する内容

“i-Constructionにおける品質確保検討委員会”にて議論された内容

施工側はLandXMLを使っているか？

・ LandXMLを使用：発注者からのした2次元の設計図書から 面線形，縦断線形，横断勾配，拡幅及び横断情報を3次元化する。

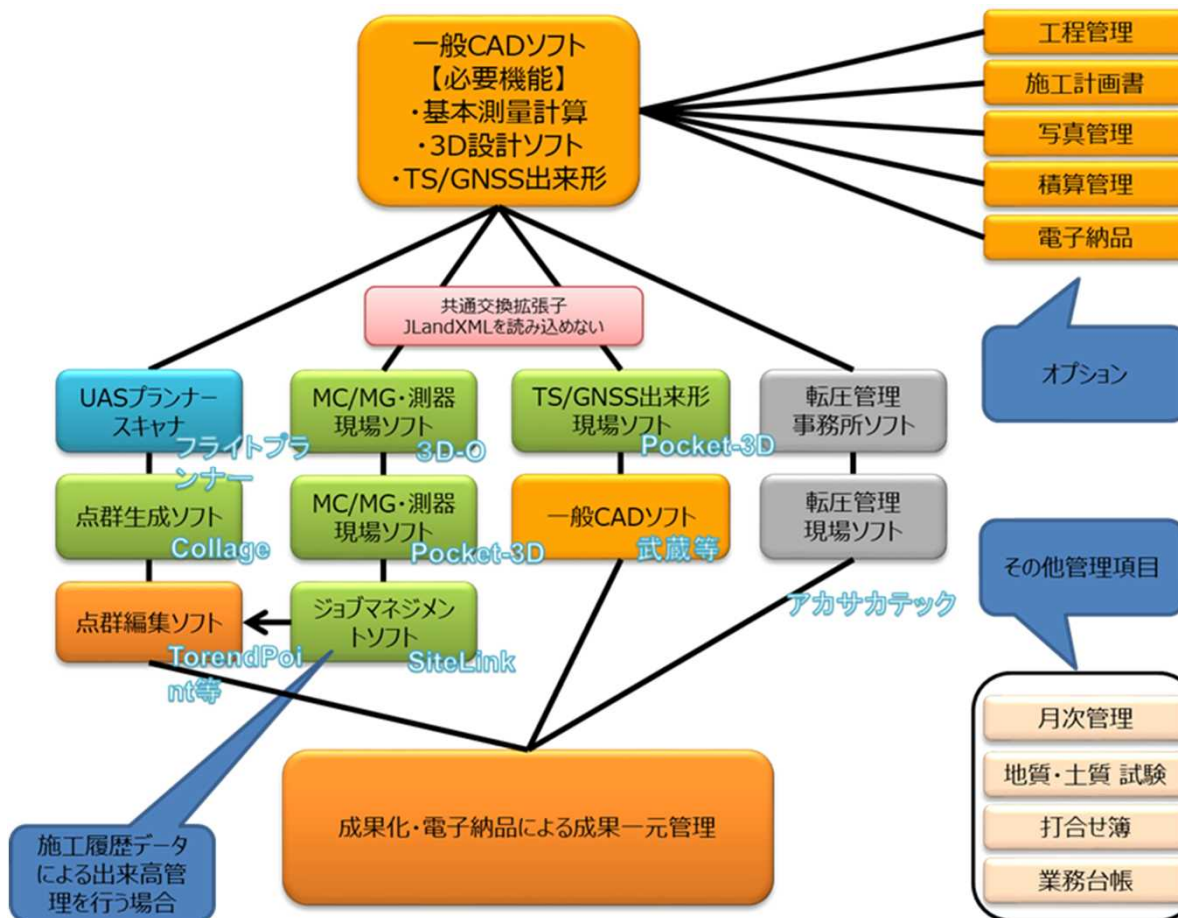
・自分で3次元設計データを作成して，現況地盤の点群データと比較して土量確認を行っている。また自分でTINデータに変換してICT建機へ入力する。

・ LandXMLをICT建機の仕様に準じたファイル形式に変換して入力している。ただし建機メーカーによりファイル形式が異なる。

・作成された資料を確認する工程の簡素化(データ量，ポイントの絞り込み，一点から放射の面形成が無いこと等)が省略できると効率的になる。

研修テキストに反映させた内容
：実例を紹介することで参考にしてもらう

研修テキストに反映させた内容：LandXMLでのモデル作成方法の基本と留意点を記載



現在使われているソフトウェアに対して，どの工程で，どのソフトウェアを使い，それに対するデータフォーマット（LandXML）がどうなっているのかを解説する。

研修テキスト：設計から施工へのデータ受け渡しに関する内容

“i-Constructionにおける品質確保検討委員会”にて議論された内容

設計から施工側へのデータの受け渡しを円滑にするには？

- ・下記内容を含んだJ-LandXMLデータであれば受け渡しは可能。ただし、サーフェスデータには含まれない。
- ①線形情報(拡幅、勾配含む) :従来の2次元縦断面図パラメータ。
- ②横断定義 :従来の2次元標準横断と現在想定している測点。

・データが細かすぎる場合や横断形状入力タイプの施工業者には、施工データ作成が困難になる例が多い：基本はサーフェスデータで受け渡してもらい、スケルトンモデル(J-LandXML)で表現できるところは、スケルトンで受け渡してもらう。また短辺が2m程度でデータを作成。

・LandXMLサーフェスに代わるデータとしてIFCファイル形式を検討する。

研修テキストに反映させた内容：
：実例を紹介することで参考にしよう

研修テキストに反映させた内容：LandXML, IFCでのモデル作成方法の現状を解説

関東地方整備局による公開データ

データ名	目録	ファイルイメージ	類似ソフト名	ファイルの拡張子
0301_arake 断面線・案内線 v1.1.dwg	01 100		AutoCAD (DWG)	*.dwg
0311_arake 断面線・案内線 v1.1.dwg	01 200		AutoCAD (DWG)	*.dwg

LANDXMLデータは共通データのため、TREND-COREだと読み込める
2次元CADの武蔵だと不可

ただし、3次元施工データとして活用することはできない。

公開データの検証結果

・LANDXMLデータとIFCデータは読込可 → それ以外は読込不可

・地質モデルと統合モデルは活用できない
(編集するには同じソフトウェアを用意する必要がある)

・3次元設計データは3次元CAD読込可→2次元CAD読込不可

・設計会社が3次元設計データを作っても使えない。
施工会社は1から3次元設計データを作り直す必要がある。

関東地方整備局による公開データ

データ名	目録	ファイルイメージ	類似ソフト名	ファイルの拡張子
0401_arake 第三調整地盤改良 v1.1.rvt	01 100		Revit (RVT)	*.rvt
0411_arake 第三調整地盤改良 v1.1.rvt	01 300		Revit (RVT)	*.rvt
0402_arake 第三調整地盤改良 v1.1.rvt	01 100		Revit (RVT)	*.rvt
0412_arake 第三調整地盤改良 v1.1.rvt	01 200		Revit (RVT)	*.rvt
0403_arake 第三調整地盤改良 v1.1.rvt	01 300		Revit (RVT)	*.rvt
0413_arake 第三調整地盤改良 v1.1.rvt	01 200		Revit (RVT)	*.rvt
0404_arake 第三調整地盤改良 v1.1.rvt	01 400		Revit (RVT)	*.rvt
0414_arake 第三調整地盤改良 v1.1.rvt	01 200		Revit (RVT)	*.rvt

IFCデータについては読込可。ただし属性については作成時の意図がわかない。

関東地方整備局による公開データ

データ名	目録	ファイルイメージ	類似ソフト名	ファイルの拡張子
0501_arake 統合モデル v1.1.gisite.zip	01 700		InfraWorks (IFW)	*.ifw
0511_arake 統合モデル v1.1.nwd.zip	01 730		Navisworks Freedom (NWD)	*.nwd
0521_arake 統合モデル v1.1.nwd.zip	01 750		Navisworks Manage (NWD)	*.nwd

InfraWorks, Navisworks それぞれオリジナルデータのため読込不可

現在使われているソフトウェアに対して、どの工程で、どのソフトウェアを使い、それに対するデータフォーマット (LandXML, IFC) がどうなっているのかを解説する。

研修テキスト：BIM/CIMに関する内容

研修テキストに反映させた内容：現有ソフトウェアのBIM/CIM対応状況を紹介

“i-Constructionにおける品質確保検討委員会”にて議論された内容

BIM/CIM 3次元データの課題

- ・分割を考えるとサーフェスモデルだけでなく中心線が必要
- ・J-LandXMLデータには下記が必要
 - <設計側>
 - I)線形精報脇幅（勾配）
 - CIMソフトに3次元中心線形の定義が無いため、従来通りの図面に中心線が必要。
 - II) CIMソフトで対応できない標準横断が必要。
 - III)完成形状、法面を延伸した施工用データおよび工事用道路のサーフェス形状が必要。
 - <施工側>
 - ・XMLデータの受渡しの際、平面線形及びサーフェスデータを同一ファイルとして提供して欲しい。
 - ・設計データをTINに変換した際、形状が小さすぎる場合、建機に不具合が所いじるので、短辺を2m程度にして欲しい。

3次元設計データ交換標準のデータの種別対応状況

・下表のように3次元設計データ交換標準（LandXML1.2）に線形以外を対応しているソフトはまだ少なく、データ交換が容易でないのが現状。

LandXML対応状況

データ	エクスポート	インポート
平面線形	8社	9社
縦断線形	8社	8社
片勾配すりつけ	2社	2社
横断面	5社	4社
縦断地盤線	6社	5社
横断地盤線	5社	6社
3次元地形（TINサーフェス）	6社	7社

※1～8社：法人 オープンCADフォーマット標準会（OCF） ほかからの道路3次元設計データ交換の標準→LandXMLを用いたデータ交換の実現に向けて

課題④：横断形状等 ICT土工相当のデータに対応するソフトウェアが限定的

課題①：対象外区間が多い（複数線形、交差点、構造物等）

課題②：垂直など表現できない形状がある

例：3次元設計データ交換標準を活用する中で確認されたソフトウェアの課題

- ・構造物、小構造物、複数線形（側道、ランプ等）システム対応しているソフトウェアが無い
- ・下図のように垂直面やオーバーハングが含まれていると正常に読み込みができない場合がある

研修テキストに反映させた内容：実情を紹介することで参考にしよう

3次元設計データ交換標準による手間増加の例

・下図のように曲線区間や異なる線形方向のあるデータは施工側で修正作業が必要な場合がある

課題③：施工用形状作成にあたり手間が生じる

課題③：施工用形状作成にあたり手間の発生が予想される

例：3次元設計データ交換標準による手間増加の例

- ・ICT施工で使うには、必要なデータのみにする加工や先に示した曲線区間での補足断面の設定が必要となり、施工側の下図盛土モデル作成だけでも膨大な手間が発生する
- ・現在、ICT施工の対象工種は、主に「土工」関連、舗装の「路盤」となっており、ICT施工において、不要情報となる中央帯や縁石などの削除が必要
- ・垂直な中央帯など読み込みが出来ない場合も多く課題が大きい。

研修テキスト：BIM/CIMに関する内容

“i-Constructionにおける品質確保検討委員会”にて議論された内容

BIM/CIMについて施工側が抱えている課題

・分割データ作成であれば、切土高さによるが垂直切り'の施工は難しいので、次工事へ引き継ぎができない。

・工事発注時に分割発注になると、施工を進める段階では、該当工事のみの分割データでは施工が行い難い。

・分割発注した場合、施工後の成果を維持管理に活用するために、ある一定範囲で各工事のデータを集約するのが良いが、その作業をどのように行うのか疑問。

・CIMモデルの変更が必要になった際、CIMデータの修正を施工側で実施できるのか疑問：設計コンサルに修正してもらえると、修正期間が長くなる恐れあり。

・現時点では、結線やサーフェスの外枠を定めるルールが無い。サーフェスの境界情報およびPDFファイルで対応している。

研修テキストに反映させた内容：現在のBIM/CIMを使った施工事例を紹介

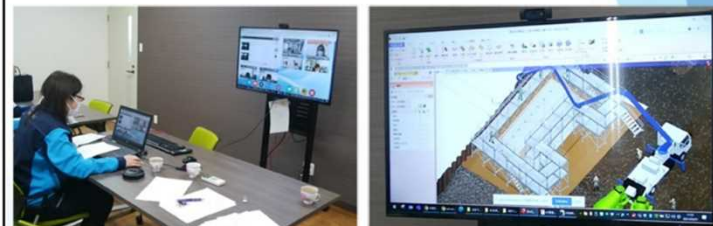
これまで下記課題から設計データの利活用が進まない状況であった。

3次元設計データ交換標準 課題	ICT土工への取り込み 対応する場合の手法例
課題①： 対象外区間が多い (複数線形、交差点、構造物等)	・対象外区間については、 施工者が2次元資料から3次元情報を ICT建機に入力
課題②： 垂直など表現できない形状 がある	・垂直を含む箇所などは対象外として除外 ・施工者で垂直の定義など補完する
課題③： 施工用形状作成にあたり 手間が想定される	・施工者が2次元資料から 3次元情報をICT建機に入力 ・施工側で断面を追加するなど補完
課題④：横断形状等ICT土 工相当のデータに対応するソ フトウェアが限定的	・LandXMLによる中心線形データのみを 活用し、横断形状については、 改めて施工者がICT建機に入力

設計側から
課題解決に
向けた交換
データを提
供出来ない
か試行

a. 「段階モデル確認書」を活用したCIMモデルの品質確保

段階モデル確認は、発注者指定のJACICクラウドを使用し行った。資料のアップロード、画面共有を以ての資料確認など受注者が主となり打ち合わせを進めた。



モデル段階確認(E03)時 確認状況

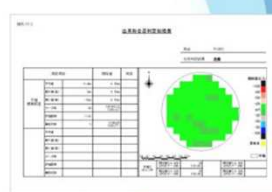
h. 施工段階におけるCIMモデルの効率的な活用策の検討

①杭等処理後、P10橋脚底板・躯体、A1橋台底板・躯体の出来形管理において、従来の方法と合わせてレーザースキャナーによる管理を行った。

取得した点群データと3D設計データより出来形ヒートマップを作成し、面的な評価を実施した。また、評価結果は出来形総括表に取りまとめ提出した。



杭頭処理後 出来形ヒートマップ(P10橋脚)



杭頭処理後 出来形総括表(P10橋脚)

a. 「段階モデル確認書」を活用したCIMモデルの品質確保

発注者との打ち合わせの際、段階モデル確認時のチェック項目がわかりづらいと指摘があった。

そこで、『R1.5月 BIM/CIM活用における「段階モデル確認書」作成手引き【試行版】(案)』を参考に、情報確認要件チェックリストを作成し、チェック項目をリスト化し、確認時のチェックを行えるようにした。

段階モデル確認書に基づく情報確認要件チェックリスト	
確認項目	確認内容
1	設計データの更新履歴を確認する
2	設計データのバージョンを確認する
3	設計データのファイル名を確認する
4	設計データのファイル形式を確認する
5	設計データのファイルサイズを確認する
6	設計データのファイルパスを確認する
7	設計データのファイル権限を確認する
8	設計データのファイルアクセスを確認する
9	設計データのファイルバックアップを確認する
10	設計データのファイル復元を確認する
11	設計データのファイル削除を確認する
12	設計データのファイル移動を確認する
13	設計データのファイルコピーを確認する
14	設計データのファイル貼り付けを確認する
15	設計データのファイル印刷を確認する
16	設計データのファイル共有を確認する
17	設計データのファイルリンクを確認する
18	設計データのファイルリンク解除を確認する
19	設計データのファイルリンク更新を確認する
20	設計データのファイルリンク削除を確認する

作成したチェックリスト

研修テキストに反映させた内容
：実情を紹介することで参考にしてもらう

研修テキスト：照査に関する内容

“i-Constructionにおける品質確保検討委員会”にて議論された内容

ICT土工で照査すべき内容の整理

< 施工側 >

- ・断面変化点及び擦付け部等の横断図がない部分の形状の確認。
- ・現況地盤の差異が土量に大きく影響を及ぼすために、施工前の点群データと設計時の点群データの比較が重要。
次の内容は3次元で確認。
- ・平面図、縦断図、横断図、線形の確認、図面間での整合性の確認および配筋図等での干渉チェック。
- ・切土/盛土工区の境界、法面の勾配変化、法面小段端部等の箇所、構造物の有無。

< 設計側 >

- 2次元設計横断と3次元データから出力した横断を重ね合わせて確認することによりモデルおよび2次元横断の精度が向上するので、施工にとって使いやすいデータとなる：次の内容は2次元で照査の方が良い。
- ・構造企画確認、数量計算。
 - ・平縦横マッチング

研修テキストに反映させた内容：現在のBIM/CIMの課題を整理しシラバス（案）を作成

	コンサルタント	施工者	発注者（監督員）
課題	施工に使用するためのデータ交換（LandXML1.2）が出来ないケース モデル、レイヤー、納品ファイルの形式など	BIM/CIMによるデータ活用は今後の取り組み（中小） 設計、測量データ作成、出来形管理など、施工者が実施 多くが下請け活用	3次元データの取扱いの知識がない 設計データ、施工データ 多いマニュアルへの対応
原因	○施工段階のデータ活用への理解が途上 ○LandXML1.2の課題について理解が途上	（想定） ○3次元データを扱える技術者が少ない ○データの加工や処理方法の理解が途上	○3DCADソフトが使えない ○納品のチェック方法を知らない ○マニュアル類の改訂や多さ

- ICT施工により、施工効率、品質管理等のメリットが期待される一方、そのための3次元設計データの作成は全て施工者が行っており、大きな手間が発生。
- 詳細設計で作成する3次元モデルをそのまま活用できるのが理想だが、令和2年度に策定した「3次元モデル成果物作成要領」では対応できていない。
- 令和3年度においては、ICT施工（主に土工）で活用するための設計3Dの仕様策定に向けて、「3次元モデル成果物作成要領」の改定等を行う。

ICT施工研修（入門～中級）に加え、ICT施工技術者研修を追加

シラバス

- ・3次元起工測量の品質チェックが出来る
- ・設計データの入力と起工測量データの統合が出来る
- ・ローカライゼーションによる精度管理が出来る
- ・TSLを用いた出来形測量が出来る
- ・スキャンデータ処理から出来形成果表の作成が出来る

研修の構成（案）	全体工程		準備する内容
	3次元起工測量	標定点および検証点の設置状況 飛行ルート作成状況 UAV写真測量状況 写真測量 3D点群データ変換 3D点群データ出力	・フィールド整備 ・測量データ
3次元設計データ作成	3次元設計データ作成 3D設計データ出力 3次元起工測量との統合	2次元設計図 3次元ソフト	
ICT建機による施工	ローカライゼーション ICT施工	基準点？	
3次元出来形管理	TLSを用いた3D起工測量 スキャンデータの処理 出来形評価データ作成 出来形帳票出力	測量機器 出来形管理ソフト	

ICT土工の流れ



43

研修テキストに反映させるシラバスの具体化