

CIM導入ガイドラインに対応したCIMモデル作成と概要について

## 【トンネルモデル作成編】

## トンネル編 適用範囲

山岳トンネルの構造物を対象にCIMの考え方をを用いて、調査・設計段階でCIMモデルを作成すること、作成されたCIMモデルを施工時に活用すること、更には調査・設計・施工のCIMモデルを維持管理に活用する際には適用する。

## トンネルモデルの作成、活用の流れ

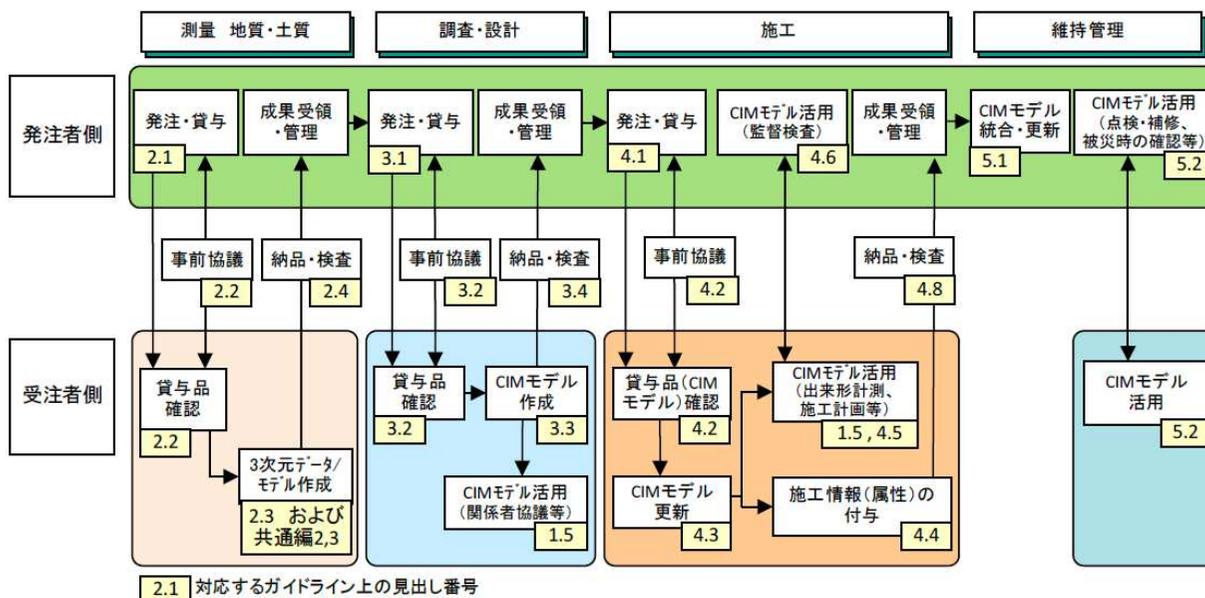
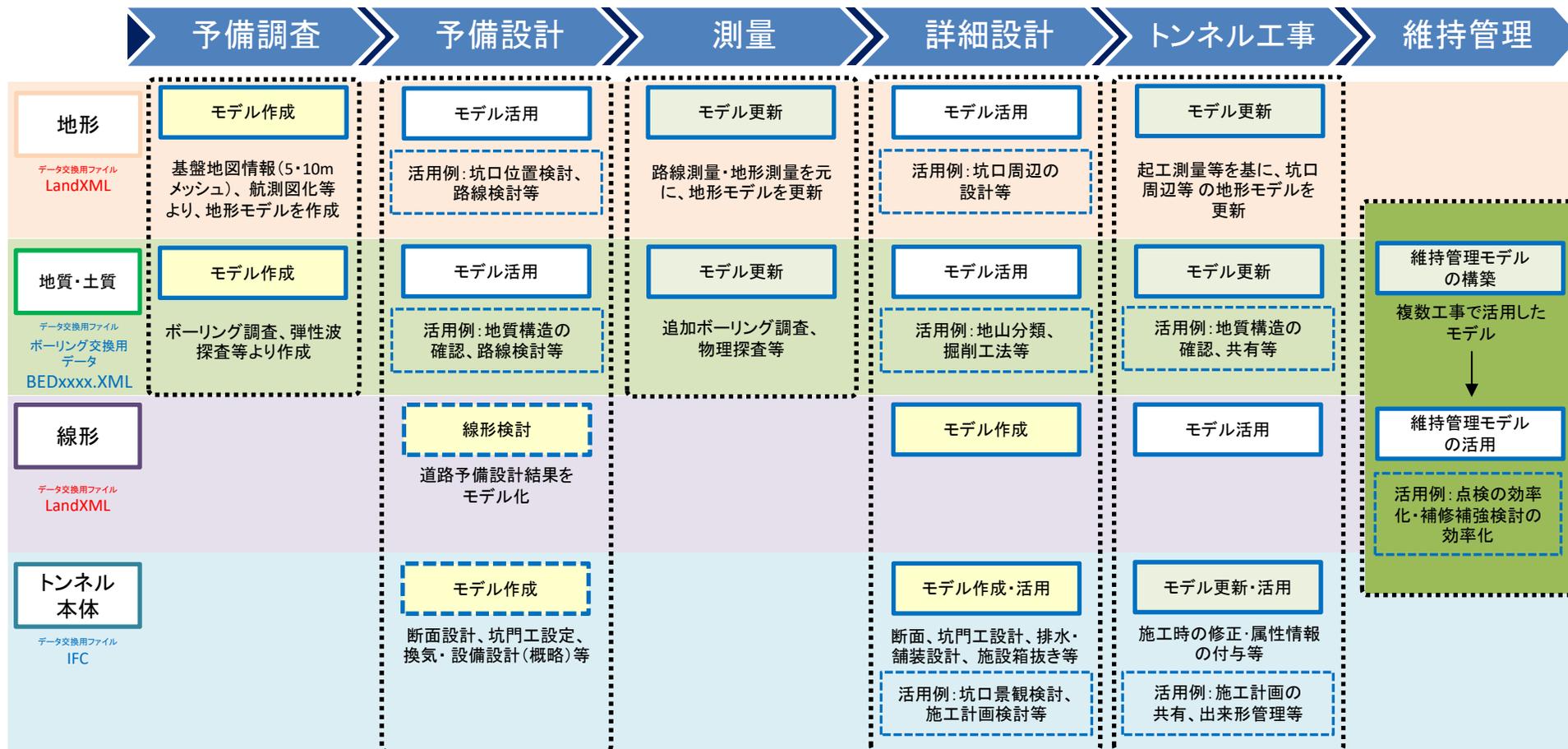


図 2 CIMモデルの作成、活用の流れ

出典：CIM導入ガイドライン（案）

# トンネルモデルの作成・活用・更新の流れ

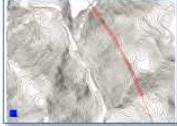


各社ソフトウェアの詳細はOCFのHPをご覧ください>>>

<国土交通省CIM導入ガイドライン対応ソフトウェア情報>  
<http://www.ocf.or.jp/cim/CimSoftList.shtml>

# トンネルモデル詳細度

表 1 構造物（山岳トンネル）の詳細度（参考）

詳細度	共通定義	工種別の定義	
		構造物（山岳トンネル）のモデル化	サンプル
100	対象を記号や線、単純な形状でその位置を示したモデル。	対象構造物の位置を示すモデル（トンネル）トンネルの配置が分かる程度の矩形形状又は線状のモデル 	
200	対象の構造形式が分かる程度のモデル。標準横断で切土・盛土を表現又は各構造物一般図に示される標準横断面を対象範囲でスワイプ*させて作成する程度の表現。	構造形式が確認できる程度の形状を有したモデル（トンネル）計画道路の中心線形とトンネル標準横断面でモデル化。坑口部はモデル化せず位置を示す。	
300	附帯工等の細部構造、接続部構造を除き、対象の外形状を正確に表現したモデル。	主構造の形状が正確なモデル（トンネル）避難通路などの拡張部の形状をモデル化する。 検討結果を基に適用支保パターンを記号等で、補助工法は対象工法をパターン化し、記号等で必要範囲をモデル化する。 坑口部は外形寸法を正確にモデル化する。 舗装構成や排水工等の内空設備をモデル化する。 箱抜き位置は形状をパターン化し、記号等で設置範囲を示す。	
400	詳細度 300 に加えて、附帯工、接続構造などの細部構造及び配筋も含めて、正確にモデル化する。	詳細度 300 に加えてロックボルトや配筋を含む全てをモデル化（トンネル）トンネル本体や坑口部、箱抜き部の配筋、内装版、支保パターン、補助工法の形状の正確なモデル化。	—
500	対象の現実の形状を正確に表現したモデル	—	—

出典：土木分野におけるモデル詳細度標準(案)（平成 29 年 2 月） 社会基盤情報標準化委員会 特別委員会

出典：CIM導入ガイドライン（案）

## 予備調査：地形モデル作成

設計段階	縮尺（標準偏差）	地形データ精度
概略設計	1/5000レベル、(5m以内)	国土地理院・基盤地図情報（数値標高モデル）10mメッシュ(標高)(全国)
	1/2500レベル、(2.5m以内)	国土地理院・基盤地図情報（数値標高モデル）5mメッシュ(標高)（一部）
予備設計、 詳細設計	1/1000レベル(1m以内)	<u>国土地理院・基盤地図情報（数値標高モデル）10m、5mメッシュ(標高)では精度が不足するため、必要な箇所について10cmレベルのレーザー計測、TS測量、写真測量計測、UAV写真測量、地上レーザ測量等で補完する必要がある。</u>

# 予備調査：地形モデル作成

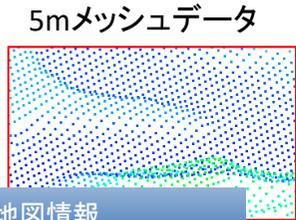
地形

地形モデル作成

国土地理院 基盤地図情報 数値標高モデル(5mメッシュ)より地形モデルを読み込みTINを作成、オルソ画像を重ねる。



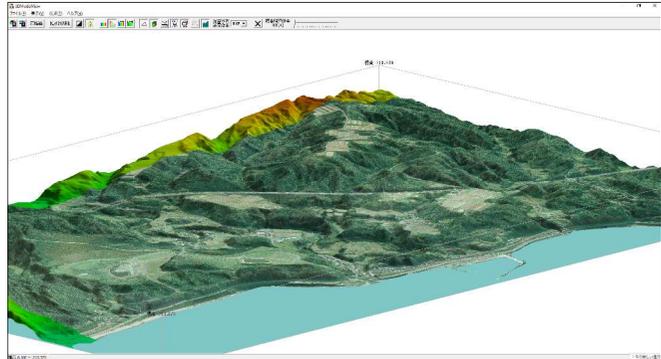
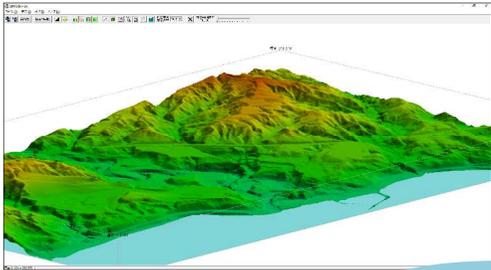
国土地理院 ダウンロードページ



国土地理院 基盤地図情報  
数値標高モデル(5mメッシュ)を インポート



動画



点群 ⇒ TIN



オルソ画像

3次元地形モデル

TIN + オルソ画像

# 予備調査：地質・土質モデル作成

## 地質・土質モデルの作成指針

段階	2次元成果等	モデルの作成対象	モデルの主な活用場面
(参考) 概略設計の ための調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>地質（平面）図</li> <li>各種ハザードマップ</li> <li>基盤地図情報数値標高モデル5m/10mメッシュ</li> </ul>	①地質平面図モデルの作成	<ul style="list-style-type: none"> <li>路線選定検討</li> <li>関係者間協議</li> <li>住民説明</li> <li>後続調査計画立案</li> </ul>
予備設計の ための調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>地質（平面）図</li> <li>空中写真判読図</li> <li>ボーリング柱状図</li> <li>物理探査結果</li> <li>地質縦断面図</li> <li>地質横断面図</li> <li>基盤地図情報数値標高モデル5m/10mメッシュ</li> <li>中心線形</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①地質平面図モデルの作成</li> <li>②ボーリングモデルの作成</li> <li>③地質縦断面図モデルの作成</li> <li>④地質横断面図モデルの作成</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>路線検討（変更等）</li> <li>関係者間協議（地質リスクの抽出・絞り込み・評価）</li> <li>住民説明</li> <li>詳細調査計画の立案</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>3次元地下水解析モデル（水文地質モデル）の作成</li> <li>3次元地盤解析モデル（予備解析用）の作成</li> </ul>	
詳細設計の ための調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>ボーリング柱状図</li> <li>地質（平面）図</li> <li>物理探査結果</li> <li>中心線形</li> <li>地質縦断面図</li> <li>地質横断面図</li> <li>基盤地図情報数値標高モデル5m/10mメッシュ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①地質平面図モデルの作成または更新</li> <li>②ボーリングモデルの作成または更新</li> <li>③地質縦断面図モデルの作成または更新</li> <li>④地質横断面図モデルの作成または更新</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地山区分の検討</li> <li>施工方法の検討</li> <li>関係者間協議（地質リスクの評価・共有）</li> <li>住民説明</li> <li>補足調査計画の立案、</li> <li>工事施工計画立案</li> <li>施工時に想定される地質リスク抽出</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>3次元地下水解析モデル（水文地質モデル）の作成</li> <li>3次元地盤解析モデル（詳細解析用・対策検討用）の作成</li> </ul>	
(参考) 施工	追加調査等を実施した場合、必要に応じてモデルを更新する。		工法変更、安全対策討、関係者間協議、追加調査の検討
(参考) 維持管理	施工記録に基づき、地質・土質モデルを発注者が更新する。		変状等に対する原因究明、調査・計測計画の立案、対策工検討

# 予備調査：地質・土質モデル作成

地質・土質

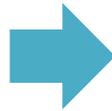
地質・土質  
モデル作成

ボーリング交換用データをインポートして柱状図を地形モデルと合成

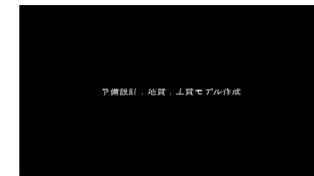
KTS川田テクノシステム

CTC  
Challenging Tomorrow's Changes

<コア情報>  
<土質岩種区分>  
<土質岩種区分 下層深度> 0.65</土質岩種区分 下層深度>  
<土質岩種区分 土質岩種区分1> コンクリート</土質岩種区分 土質岩種区分1>  
<土質岩種区分 土質岩種記号1> </土質岩種区分 土質岩種記号1>  
<土質岩種区分 分類コード1> 00000</土質岩種区分 分類コード1>  
<土質岩種区分 土質岩種記号2> </土質岩種区分 土質岩種記号2>  
<土質岩種区分 分類コード2> </土質岩種区分 分類コード2>  
</土質岩種区分>  
<土質岩種区分>  
<土質岩種区分 下層深度> 1.20</土質岩種区分 下層深度>  
<土質岩種区分 土質岩種区分1> 盛土</土質岩種区分 土質岩種区分1>  
<土質岩種区分 土質岩種記号1> 8</土質岩種区分 土質岩種記号1>  
<土質岩種区分 分類コード1> 09400</土質岩種区分 分類コード1>  
<土質岩種区分 土質岩種記号2> 砂礫</土質岩種区分 土質岩種記号2>  
<土質岩種区分 土質岩種記号2> G5</土質岩種区分 土質岩種記号2>  
<土質岩種区分 分類コード2> 01500</土質岩種区分 分類コード2>  
</土質岩種区分>  
<土質岩種区分>  
<土質岩種区分 下層深度> 4.00</土質岩種区分 下層深度>  
<土質岩種区分 土質岩種区分1> 盛土</土質岩種区分 土質岩種区分1>



LandXMLより作成した地形モデルに電子納品されたボーリング交換用データをインポート

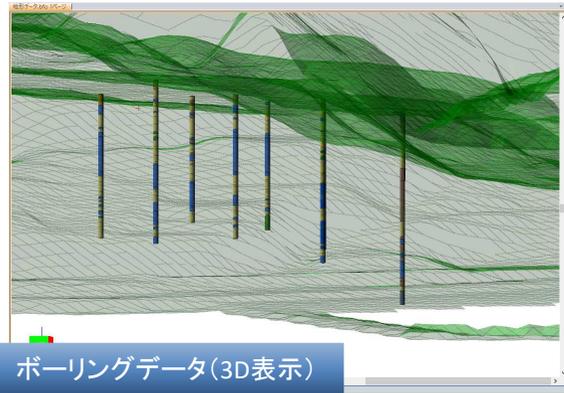


動画

ボーリング交換用データ  
BEDxxxx.XML

地形モデル  
LandXML

地形モデル上で柱状図データを3D表示



ボーリングデータ(3D表示)

ボーリング情報を  
を詳細表示



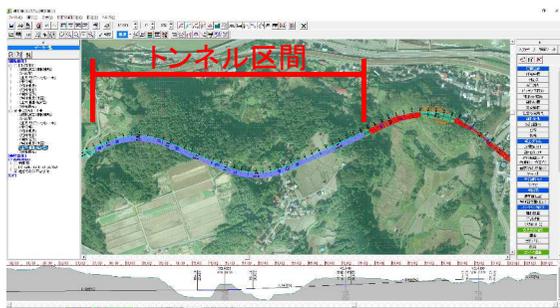
ボーリング情報の詳細表示

# 予備設計：地形モデル活用、線形検討

- 地形 地形モデル活用 活用例：坑口位置検討、路線検討等
- 線形 線形検討 道路予備設計結果をモデル化

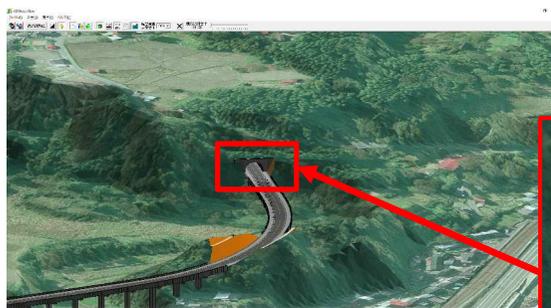


道路予備設計(路線検討)



道路予備成果

3Dモデル



3Dモデル表示



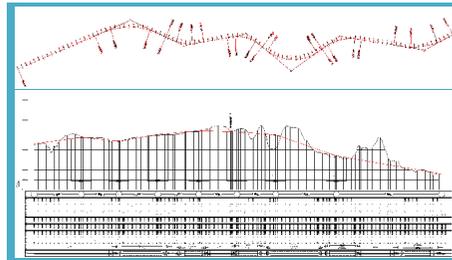
動画

# 予備設計：トンネルモデル作成

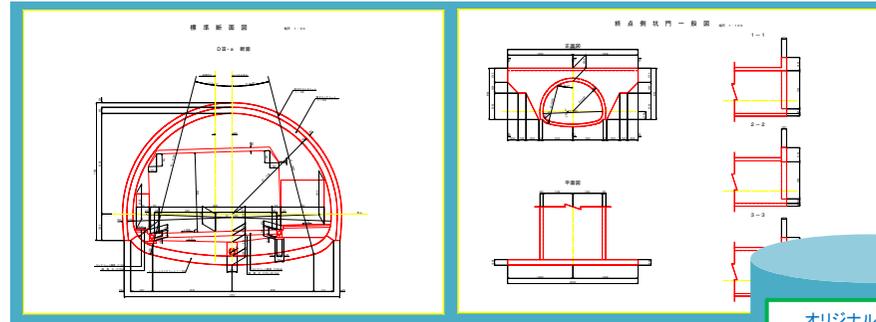
道路中心線(平面線形・縦断線形)

データ交換用ファイル  
LandXML

インポート

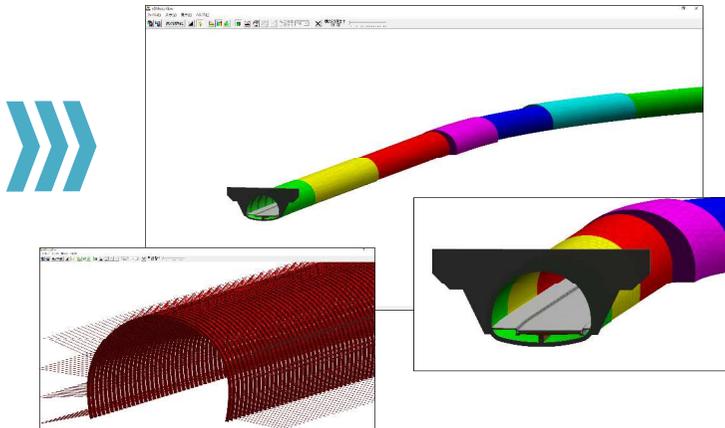


トンネル設計(標準断面図・坑門工一般図)

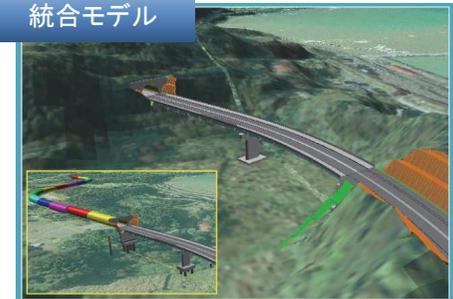


オリジナルファイル  
トンネル設計用  
データ

3次元モデル



統合モデル



# 測量：地形モデル更新

地形

地形モデル更新

国土地理院 基盤地図情報 数値標高モデル(5mメッシュ)では精度が不足するため、必要な箇所について10cmレベルのレーザー計測、TS測量、写真測量計測、UAV写真測量、地上レーザ測量等で補完する必要がある。



数値標高モデル(5mメッシュ)をTINに変換後のデータ

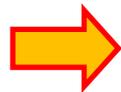


UAVによる写真測量 等



現況地形を補完

補完した現況地形をTIN表示



エクスポート



3次元地形モデル

## 詳細設計：トンネルモデル作成・活用

### 山岳トンネルのCIMモデルの作成指針

モデル		作成指針
地形モデル		国土地理院・基盤地図情報（数値標高モデル）の10mメッシュ(標高)データから、TIN形式で作成する。坑口、近接構造物の範囲等でレーザースキャナー等から計測された3次元点群データがある場合は、その詳細な地形データを無い場合は国土地理院・基盤地図情報（数値標高モデル）の5mメッシュ(標高)データを利用する。
地質・土質モデル		地質・土質調査成果に基づき、ボーリング柱状図モデル、地質平面図モデル、準3次元地質縦断図、準3次元横断面図モデル等を作成又は更新することが望ましい。（詳細は2.3.2を参照。）なお、詳細な地質・地盤解析を行う場合等において、3次元地盤モデル（サーフェスモデル・ボクセルモデル）を作成する場合、入力データ（座標値を持つ）や使用した地層補間アルゴリズム（及びそのパラメータ）等も明記した資料・データも添付する。
構造物モデル	トンネル本体、避難坑、誘導路	3次元ソリッドでの作成が望ましいが、サーフェスで作成してもよい。インバートを含む断面形状は、トンネルの形状がわかる外形のみを作成し、支保パターンは属性情報として取り扱う。同様にロックボルトの形状も作成不要であり、属性情報として取り扱う。補助工法も、属性情報として取り扱う。
	坑口	国土地理院・基盤地図情報（数値標高モデル）5mメッシュ(標高)、またレーザースキャナー等から計測されたデータがある場合は、その詳細な地形データを利用し、サーフェスとして作成する。
	その他構造物	トンネル明かり部の近接構造物（橋梁・土工、仮設備、本設備等）は、位置と形状が分かる程度のものを、3次元エリア又は2次元の範囲で表現する。また、地上部の土地利用、地すべり地の有無の詳細を表示する。
統合モデル		地形モデル、構造物モデル、地質・土質モデル及び広域地形モデル等のCIMモデルやその他の電子情報（イメージデータ、GISデータ等）を統合して作成する。住民説明等の利用目的に応じて、関連して整備される道路等もモデル化する。

# 詳細設計：トンネルモデル作成・活用

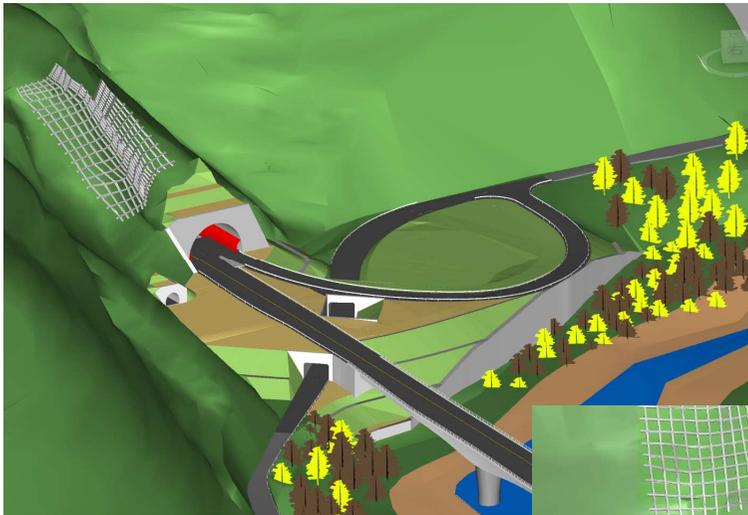
トンネル  
本体

トンネルモデル  
作成・活用

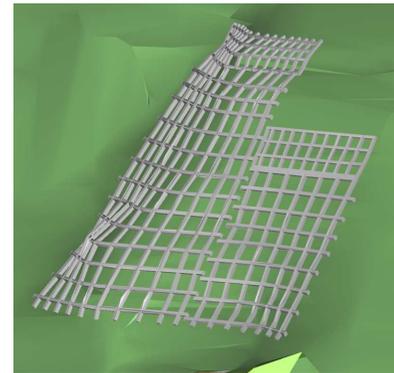
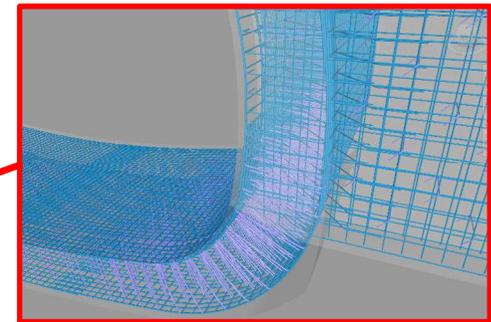
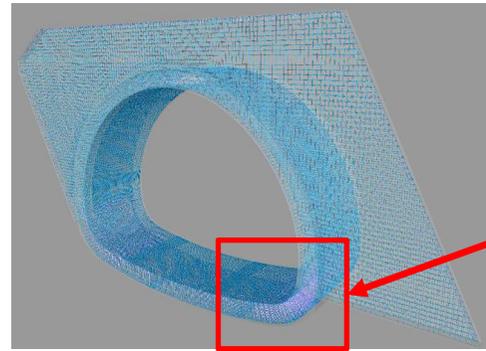
活用例：坑口景観検討、配筋干渉チェック



坑口景観検討



配筋干渉チェック



データ提供：株式会社大林組様

# トンネル工事：トンネルモデル更新・活用①

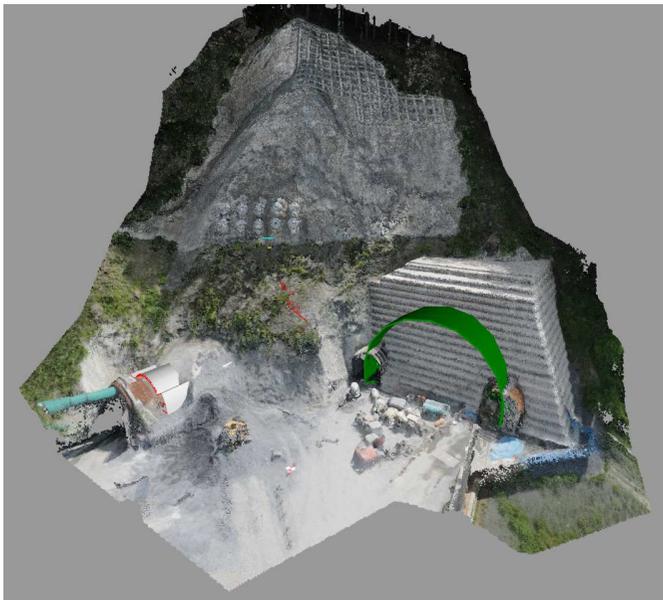
地形

地形モデル活用

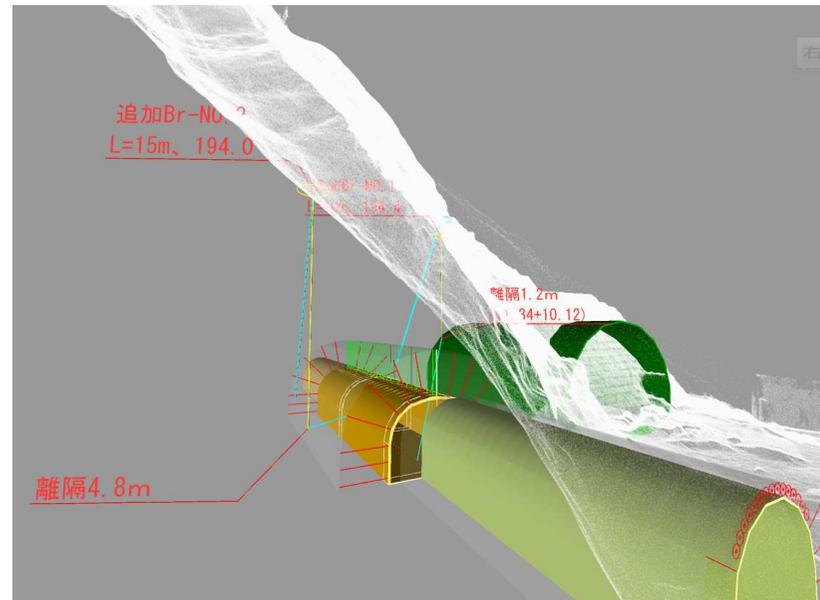
活用例：坑口周辺の設計、施工計画



点群+モデルデータによる検証



点群+モデルデータによる検証



データ提供：株式会社大林組様

## トンネル工事：トンネルモデル更新・活用②

地質・土質

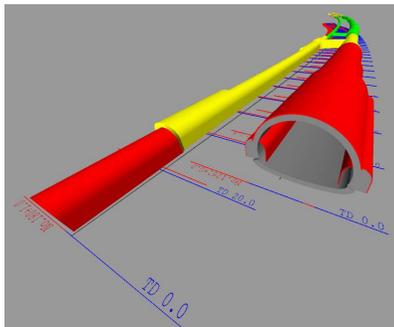
地質・土質  
モデル更新

活用例：工事進捗に応じた地質モデルの確認



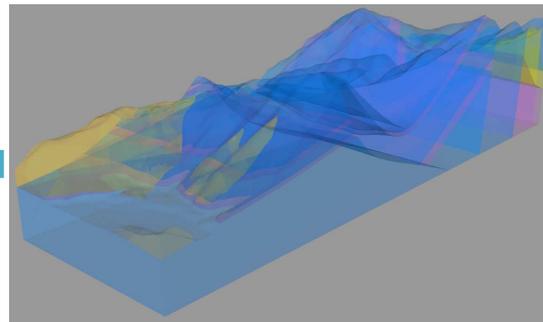
### トンネルモデル

設計成果物の3Dモデルを利用

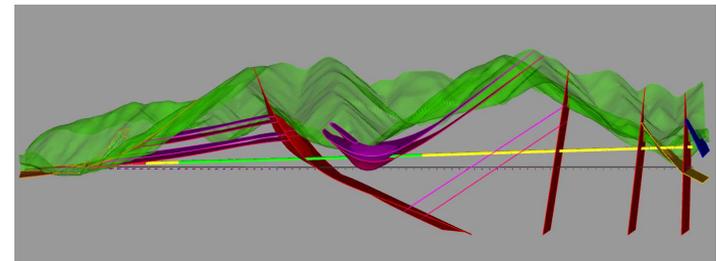
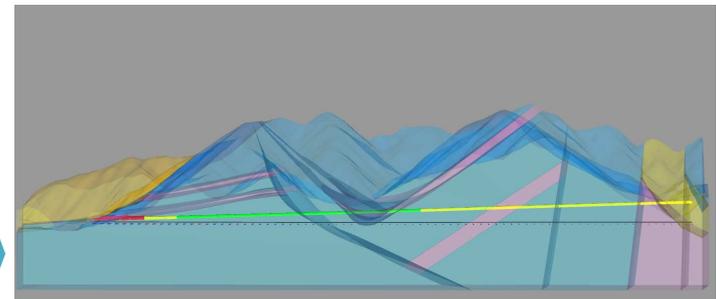


### 地質モデル(ソリッド、サーフェス)

ボーリングデータ、地質断面図などからモデリングを行う。また、工事の進捗に伴い発生する切羽画像データから、モデルを更新する



トンネルモデルおよび地質モデル、また測量データを統合的に管理し、施工時に利用可能



データ提供：株式会社大林組様

# トンネル工事：トンネルモデル更新・活用③

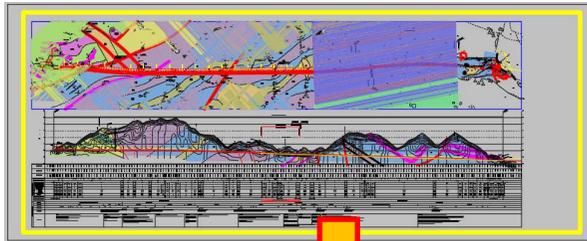
地質・土質

地質・土質  
モデル更新

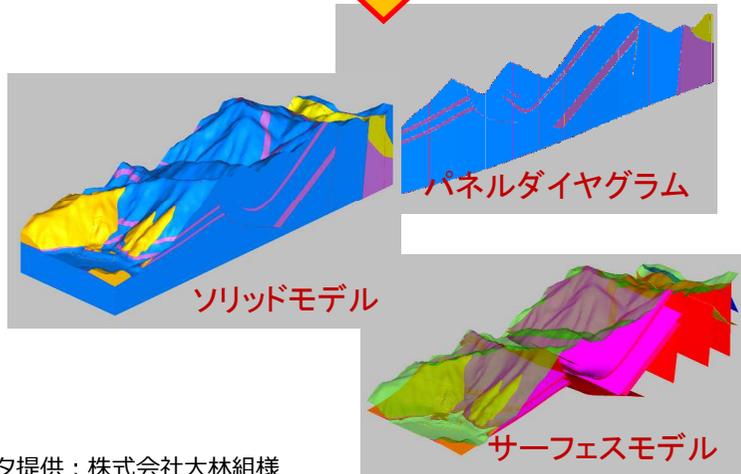
活用例：工事進捗に応じた地質モデルの確認



素材イメージ：地質縦断図など

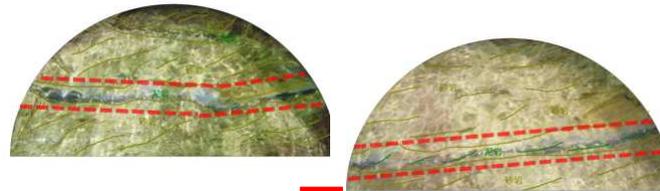


モデルイメージ

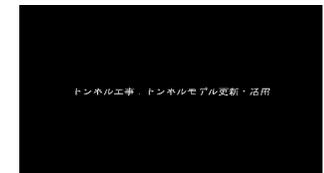
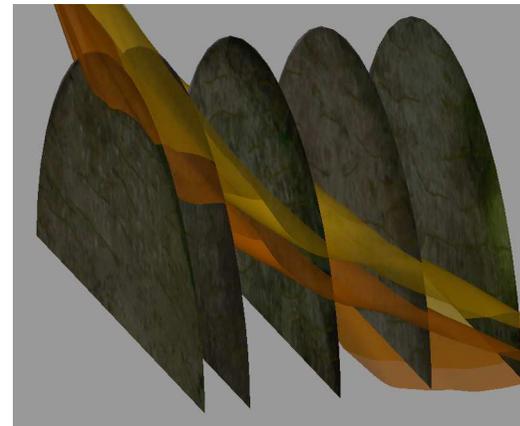


データ提供：株式会社大林組様

素材イメージ：切羽画像



切羽と切羽の間を推定してモデル化



動画

# トンネル工事：トンネルモデル更新・活用④

トンネル  
本体

トンネルモデル  
作成・活用

活用例：施工計画の共有、出来形管理等



## 施工管理情報の収集(品質)



品質情報



## 3Dモデル

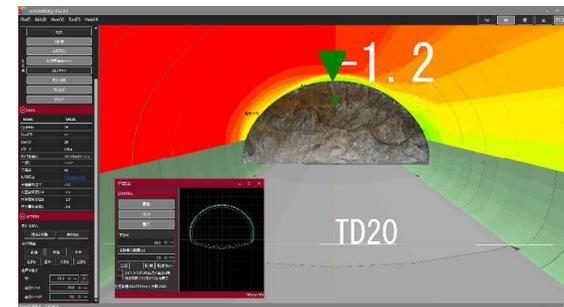


3Dモデルに反映

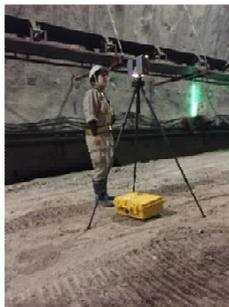


施工管理情報入力

## 3D切羽観察描画



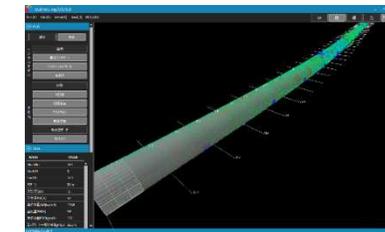
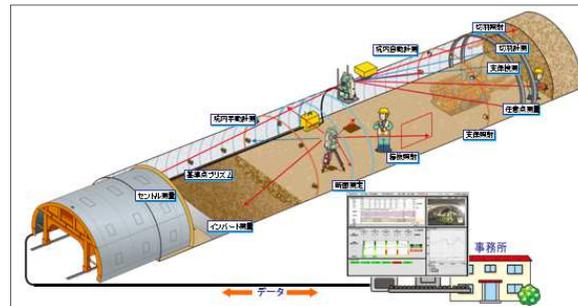
## 施工管理情報の収集(出来形)



出来形情報  
(スキャナ計測等)



## トンネル施工管理システム



3Dスキャナー描画

トンネル施工管理システムから得られた品質・出来形管理のデータをタブレット端末を利用し3次元モデルに自動的に反映することが可能。施工管理情報等を連携させることにより、自動化、省力化、品質の高度化が可能になる。

動画

# 維持管理：維持管理モデル活用

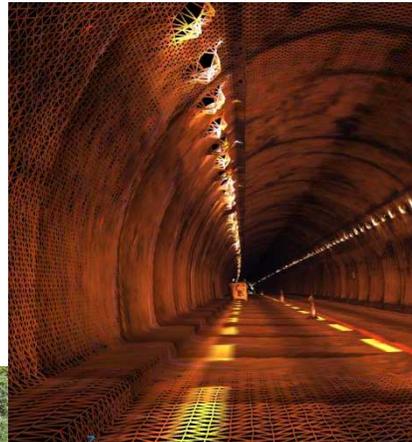
トンネル  
本体

維持管理モデル  
の活用

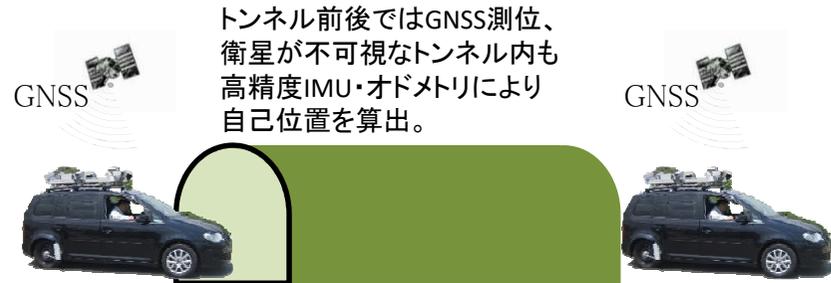
活用例：点検の効率化・補修補強検討の効率化



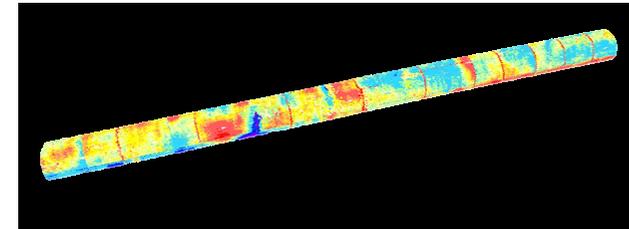
MMS計測データを用いたトンネル内空変位調査



MMSで計測した点群でトンネル形状を3次的に把握し標準断面との比較から内空の変形モードを「見える化」



通行規制を行うことなく、時速40km/h以下で数回走行しながら計測するだけでトンネル内空の点群データを取得し、施工時の形状との差分から変位を評価。



コンタ図（イメージ）内空変位を彩段表示