

CIM 導入ガイドライン（案）

第 1 編 共通編

平成 30 年 3 月

国土交通省
CIM 導入推進委員会

【改定履歴】

ガイドライン名称	年月	備考
CIM 導入ガイドライン(素案) 平成 28 年 8 月	平成 28 年度 CIM 試 行業務・工事での評 価版作成	国土交通省 CIM 導入推進委員 会
CIM 導入ガイドライン(案) 第 1 編 共 通編 平成 29 年 3 月	平成 29 年 3 月	初版発行
CIM 導入ガイドライン(案) 第 1 編 共 通編 平成 30 年 3 月	平成 30 年 3 月	初版発行

目次

第1編 共通編

はじめに	1
1章 総論	4
1.1 CIM 導入の目的、導入方針	4
1.1.1 CIM 導入の目的	4
1.2 当面・将来の目指す姿	8
1.3 CIM の効果的な活用方法	9
1.3.1 CIM 導入の効果（概要）	9
1.3.2 CIM 導入の活用例	10
1.4 CIM モデルの考え方・詳細度	18
1.4.1 CIM モデルの考え方	18
1.4.2 CIM モデルの分類	19
1.4.3 CIM モデル詳細度	23
1.4.4 CIM モデル作成 事前協議・引継書シート	28
1.5 CIM モデルの提出形態	29
1.5.1 CIM 事業の成果品の範囲	29
1.5.2 成果品のフォルダ構成	30
1.6 用語の定義	32
2章 測量	35
2.1 設計に求められる地形モデル（精度等）	35
2.2 地形モデルの作成手順	43
2.2.1 写真測量	43
2.2.2 レーザ測量	45
2.3 CIM モデルに利用するための測量方法	47
2.3.1 CIM モデルに利用するための3次元測量手法の利用の考え方	47
2.3.2 車載写真レーザ測量	48
2.3.3 空中写真測量	52
2.3.4 航空レーザ測量	53
2.3.5 地上レーザ測量	54
2.3.6 UAV を用いた空中写真による3次元点群測量	56
2.3.7 UAV レーザ測量	59
2.3.8 航空レーザ測深（Airborne Laser Bathymetry : ALB）	61

2.3.9 マルチビーム測深.....	62
2.3.10 その他新たな計測手法.....	65
2.4 測量における用語の解説と留意点.....	67
3章 地質・土質調査.....	74
3.1 地質・土質モデルの作成・活用に関する基本的な考え方.....	74
3.1.1 地質・土質モデル作成における基本方針.....	74
3.1.2 地質・土質モデルの活用の考え方.....	75
3.2 地質・土質モデルの種類と概要.....	77
3.2.1 地質・土質モデルの種類.....	77
3.2.2 地質・土質モデルの活用目的.....	81
3.2.3 地質・土質モデルの活用時の留意事項.....	82
3.3 地質・土質モデルの構成.....	83
3.3.1 データ構成.....	83
3.3.2 属性情報.....	84
3.4 地質・土質モデルの作成手順.....	88
3.4.1 座標の取扱についての留意事項.....	89
3.4.2 ボーリングモデル.....	90
3.4.3 テクスチャモデル.....	93
3.4.4 準3次元地質断面図モデル.....	97
3.5 3次元地盤モデルの作成手順.....	101
3.5.1 作成・納品時の留意事項.....	105
3.5.2 サーフェスモデル(例).....	110
3.5.3 ソリッドモデル(B-Reps)(例).....	114
3.5.4 ボクセルモデル(例).....	118
3.5.5 柱状体モデル(例).....	121
参考文献.....	125

はじめに

「CIM 導入ガイドライン」(以降は、「本ガイドライン」という。)は、公共事業に携わる関係者(発注者、受注者等)が CIM (Construction Information Modeling/ Management) を円滑に導入できることを目的に、以下の位置づけで作成したものである。

【本ガイドラインの基本的な位置づけ】

- 1 これまでの CIM 試行事業で得られた知見やソフトウェアの機能水準等を踏まえ、現時点で CIM の活用が可能な項目を中心に、CIM モデルの詳細度、受発注者の役割、基本的な作業手順や留意点とともに、CIM モデルの作成指針(目安)、活用方法(事例)を参考として記載したものである。
- 1 CIM モデルの作成指針や活用方策は、記載されたもの全てに準拠することを求めるものではない。本ガイドラインを参考に、適用する事業の特性や状況に応じて発注者・受注者で判断の上、CIM モデルの作成や活用を行うものである。
- 1 公共事業において CIM を実践し得られた課題への対応とともに、ソフトウェアの機能向上、関連する基準類の整備に応じて、本ガイドラインを継続的に改善、拡充していくものである。

【本ガイドライン(平成 30 年度版)の対象】

CIM の導入によって、2 次元図面から 3 次元モデルへの移行による業務変革やフロントローディングによって、合意形成の迅速化、業務効率化、品質の向上、ひいては生産性の向上等の効果が期待される。

なお、本ガイドラインでは、現行の契約図書に基づく 2 次元図面による業務・工事の発注・実施・納品を前提に、これまでの CIM 試行事業で取り組まれた実績と知見を基に、以下を対象に作成している。

- 1 国土交通省直轄事業における設計・施工分離発注方式による業務、工事
- 1 CIM の活用に関する知見を蓄積してきた分野：土工、河川、ダム、橋梁、トンネル、機械設備の 6 分野

CIM の導入・実施状況を通じて、更なる CIM の効果的な活用方策の検討を行うとともに、実運用上の課題に対して、必要な取り組み・対策検討や、その対応策を踏まえた内容改定を随時行っていく。また、対象分野の拡大、多様な入札契約方式への適用の検討も進めていく。なお、国土交通省直轄事業を前提に記述しているが、CIM の考え方や活用策については、今後の地方公共団体等での CIM の展開にも期待できる。

【国土交通省の CIM 導入・推進に関する施策の体系】

国土交通省では、CIM の導入・推進にあたり、必要な目標、方針、要領・基準及びガイドラインを整備し、体系的な推進を図るものとしている。本ガイドラインに基づく CIM の導入に当たっては、関連する実施要領や各要領・基準を参照しながら進められたい。

国土交通省の CIM 導入・推進に関する施策の体系

CIM 導入により目指す全体像・将来像(案)	今後の CIM が目指す全体像・将来像 (1)
・大規模構造物における 3 次元設計の適用拡大 ・CIM 活用業務実施要領、CIM 活用工事実施要領	・大規模構造物工事を中心に CIM の適用拡大と、維持管理段階における 3 次元データの導入時期 (2) ・CIM 活用業務・工事の対象 (対象業務・対象工種、活用内容) 実施方法 (発注、成績評定等) 等 (3)
CIM に関する要領・基準	CIM 活用業務・工事等を実施する上での仕様・規定
CIM 導入ガイドライン (案)	CIM に関する要領・基準に基づく業務・工事及び維持管理を行う上での解説、作業手順 (CIM の導入目的、活用方策、CIM モデル作成上の指針 (目安) 等)

(1) 第 3 回 CIM 導入推進委員会資料 P32-33 (<http://www.mlit.go.jp/tec/it/pdf/shiryou3.pdf>)

(2) 第 5 回 CIM 導入推進委員会資料 資料 3-1 P2 (<http://www.mlit.go.jp/common/001224375.pdf>)

(3) http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/sosei_constplan_tk_000031.html

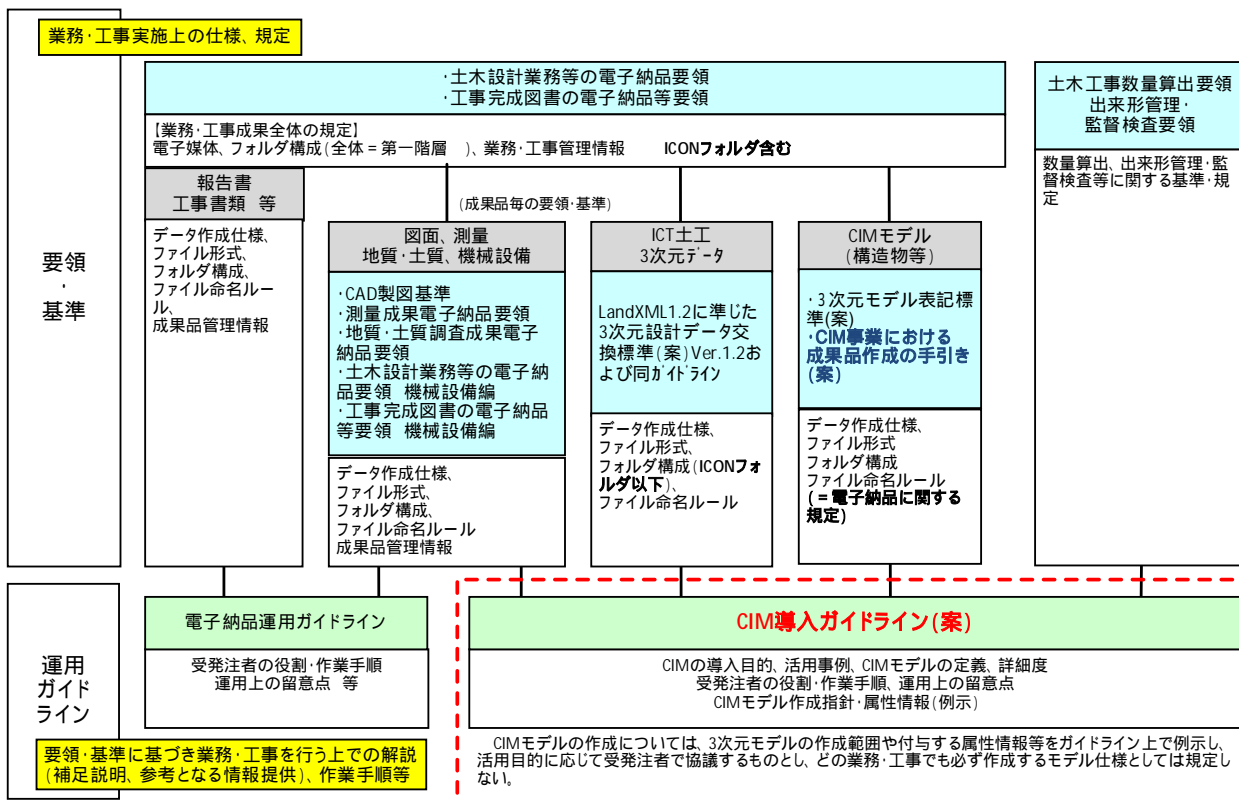


図 1 本ガイドラインの位置づけ (要領・基準との関係)

【数字・アルファベットの表記について】

本ガイドラインで用いられている、漢数字を含む数字及びアルファベットについては、参照・引用している文書、本ガイドラインの上位の要領・基準の表現にかかわらず、半角英数字を用いて表記している。必要に応じ、読み替えを行うこと。

ただし、引用している図表内については、変更できない場合には、そのままの表現としている場合がある。

【本ガイドラインの構成と適用】

表 1 本ガイドラインの構成と適用

構成		適用
第 1 編 共通編	第 1 章 総則	公共事業の各段階（調査・設計、施工、維持管理）に CIM を導入する際に共通で適用する。
	第 2 章 測量	
	第 3 章 地質・土質	
第 2 編 土工編		道路土工及び河川土工・海岸土工・砂防土工・舗装工・付帯道路工を対象に、測量段階で UAV 等を用いた公共測量を行うこと、設計段階（土工・舗装工の 3 次元設計）で 3 次元データを作成すること、更には施工段階で 3 次元データを ICT 活用工事に活用する際に適用する。
第 3 編 河川編		河川堤防及び構造物（樋門、樋管等）を対象に CIM の考え方をういて調査・設計段階で CIM モデルを作成すること、作成された堤防・構造物モデルを施工時に活用すること、更には調査・設計・施工の堤防・構造物モデルを維持管理に活用する際に適用する。
第 4 編 ダム編		ロックフィルダム、重力式コンクリートダムを対象に CIM の考え方をういて調査・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適用する。
第 5 編 橋梁編		橋梁の上部工（鋼橋、PC 橋）下部工（RC 下部工（橋台、橋脚））を対象に CIM の考え方をういて調査・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適用する。
第 6 編 トンネル編		山岳トンネル構造物を対象に CIM の考え方をういて調査・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適用する。
第 7 編 機械設備編（素案）		機械設備を対象に CIM の考え方をういて設計段階で 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、更には設計・施工の CIM モデルを維持管理に活用する際に適用する。

各分野編（第 2 編から第 7 編）については、調査・設計・施工段階から 3 次元データ（第 2 編） CIM モデル（第 3 編から第 7 編）を作成・活用する場合も適用範囲とする。また第 3 編から第 7 編について、上記に記載の工種、工法以外への参考とすることを妨げるものでない。

第1編 共通編

1章 総論

1.1 CIM 導入の目的、導入方針

1.1.1 CIM 導入の目的

(1) CIM の概念

CIM (Construction Information Modeling/Management) は、計画、調査、設計段階から 3 次元モデルを導入することにより、その後の施工、維持管理の各段階においても 3 次元モデルを連携・発展させて事業全体にわたる関係者間の情報共有を容易にし、一連の建設生産システムの効率化・高度化を図ることを目的としている。

CIM の概念

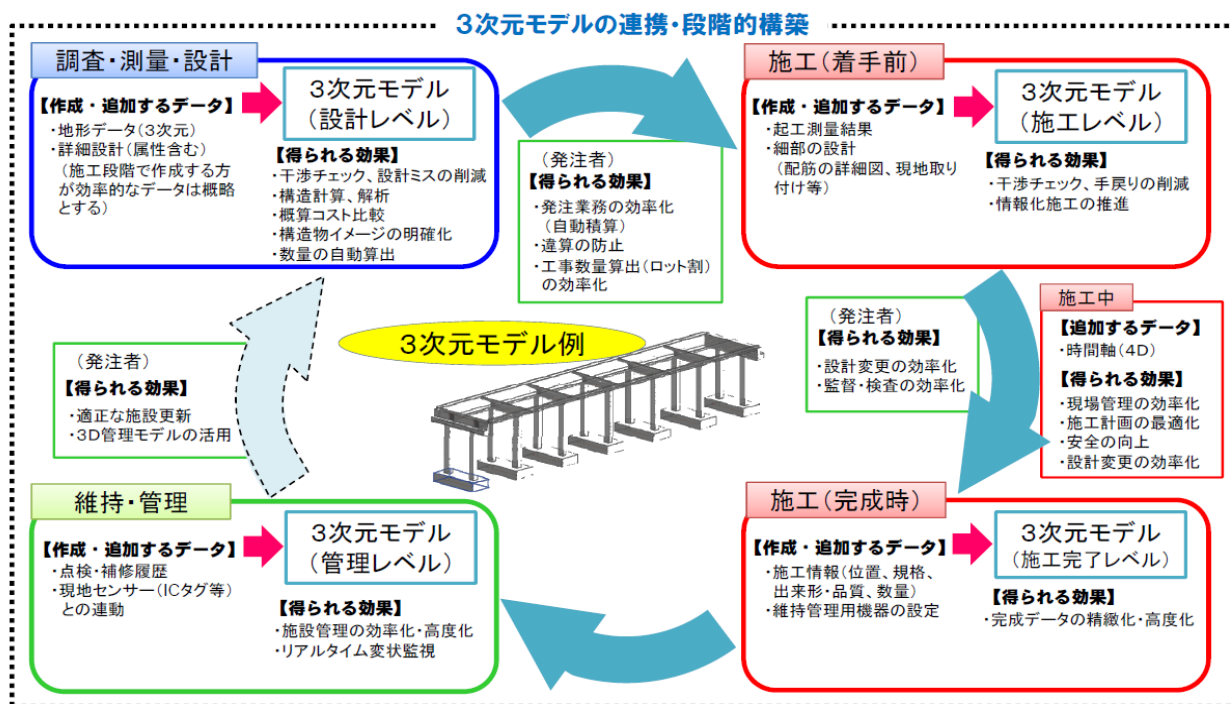


図 2 CIM の概念

(2) CIM の位置付け

計画、調査、設計段階から 3 次元モデルを導入し、その後の施工、維持管理の各段階においても 3 次元モデルに連携・発展させ、併せて事業全体にわたる関係者間で情報を共有することにより、一連の建設生産システムの効率化・高度化を図る。

(3) CIM に期待されていること

最新の ICT (Information and Communication Technology) 技術を活用して建設生産システムの計画、調査、設計、施工、管理の各段階において情報を共有することにより、効率的で質の高い建設生産システムを構築する。

ミスや手戻りの大幅な減少、単純作業の軽減、工程短縮等の施工現場の安全性向上、事業効率及び経済効果に加え、副次的なものとしてよりよいインフラの整備・維持管理による国民生活の向上、建設業界に従事する人のモチベーションアップ、充実感等の心の豊かさの向上が期待されている。

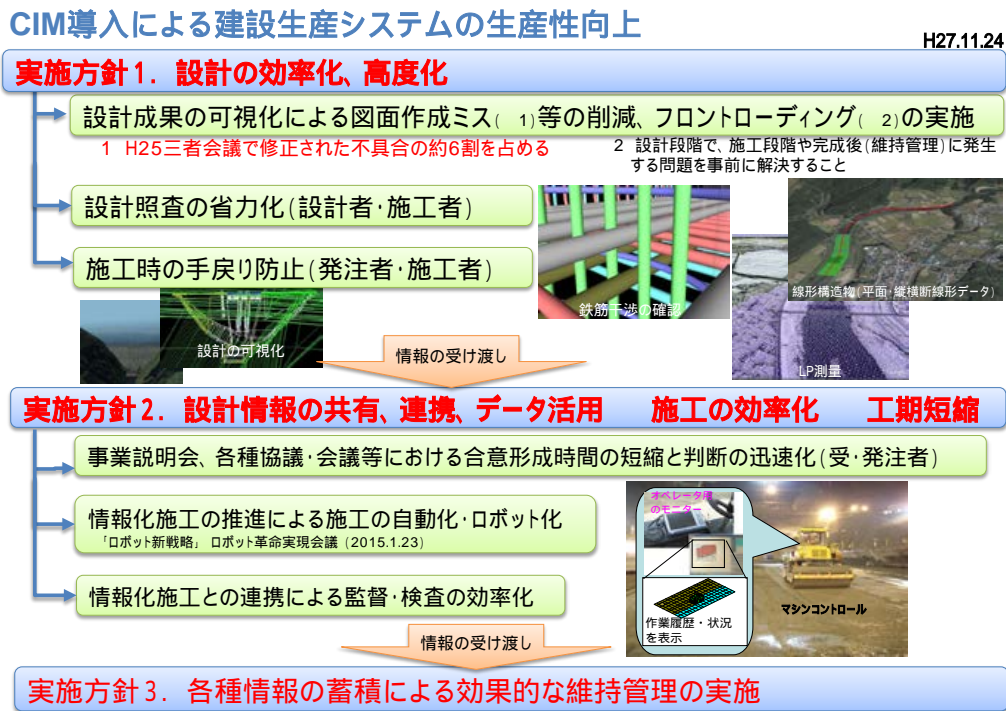


図 3 CIM 導入による建設生産システムの生産性向上のイメージ

出典：国土交通省 第 8 回 CIM 制度検討会資料

(4) CIM の導入効果

CIM の導入効果を示す用語として、「フロントローディング」と「コンカレントエンジニアリング」がある。ここでは2つの用語の紹介を通じて、CIM に期待される効果の一例を紹介する。

1) フロントローディング

フロントローディングとは、初期の工程（フロント）において負荷をかけて事前に集中的に検討し、後工程で生じそうな仕様変更や手戻りを未然に防ぎ、品質向上や工期の短縮化を図ることを指す。設計・施工の各段階で CIM を導入することにより、次のような効果が想定される。

設計段階：設計成果の可視化による設計ミス防止、コンクリート構造物の鉄筋干渉チェック、仮設工法の妥当性検討、施工手順のチェック等を行うことによる
施工段階での手戻り防止

設計段階、施工段階：維持管理に必要な情報を CIM モデルに付与しておくことによる維持管理時の作業効率化、災害時の迅速な対応

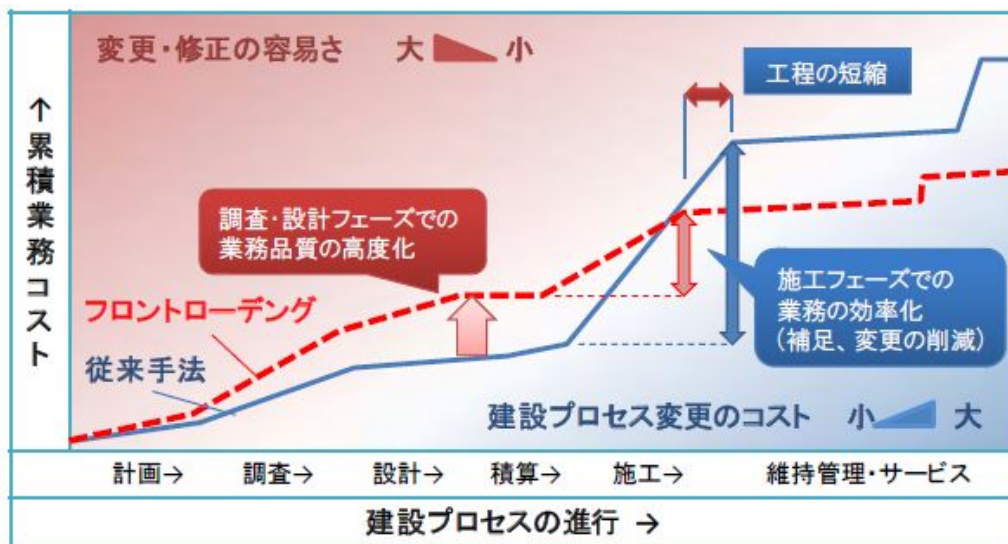


図 4 CIMにおけるフロントローディングによる効果のイメージ

出典：CIM 技術検討会 平成 24 年度報告

2) コンカレントエンジニアリング

コンカレントエンジニアリングとは、製造業等での開発プロセスを構成する複数の工程を同時並行で進め、各部門間での情報共有や共同作業を行うことで、開発期間の短縮やコストの削減を図る手法を指す。

CIM によって次のような効果が想定される。

- ① 設計段階で施工担当者の知見も反映することで施工性や供用後の品質を確保、更には景観や施設使用の快適性を向上させる。
- ② 設計段階に維持管理担当者の知見も反映し、維持管理上の配慮（材質や弱点となる箇所を設けないなど）を行う。また、設計・施工段階では維持管理段階で必要となる情報を活用可能な形で提供することで、維持管理の効率化・高度化につながる。
- ③ 事業に携わる関係者と共同作業することで、意思決定の迅速化や手待ち時間の縮小により、工期や事業全体の期間の短縮につながる。

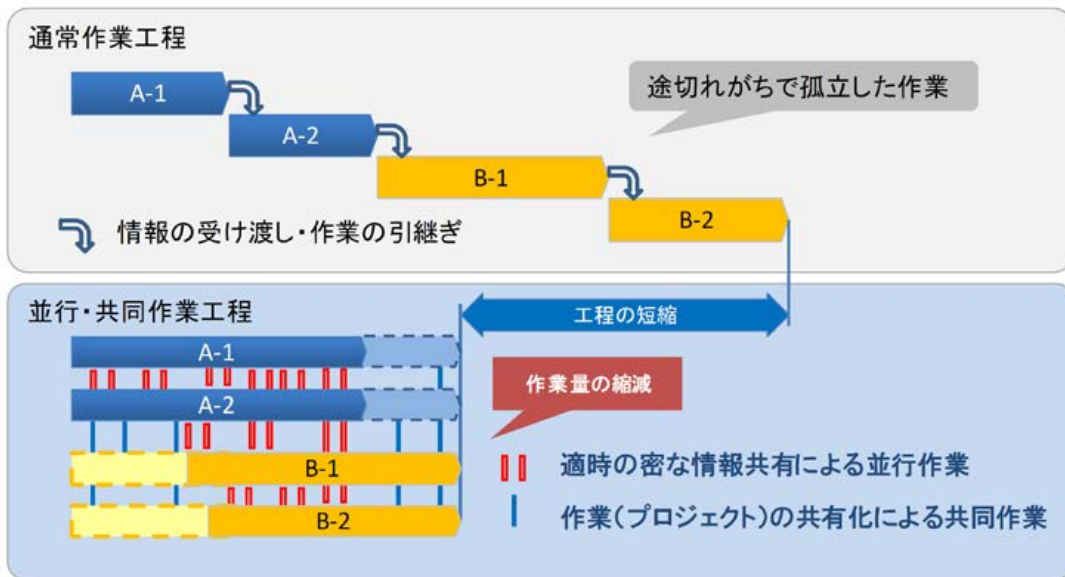


図 5 コンカレントエンジニアリング（並行作業・共同作業）による効果のイメージ

出典：CIM 技術検討会資料 平成 24 年度報告書

1.2 当面・将来の目指す姿

平成 24 年度から CIM の試行として、適用可能なプロセス・範囲で CIM モデルの作成や活用の検証を行ってきた。これからは、計画、調査、設計、施工、維持管理と、プロセス間で CIM モデルを連携し、建設生産システムの効率化を目指す。また、将来は、プロセス全体で CIM モデルを共有し、建設生産システムの高度化、他分野で活用を目指すものとする。



図 6 CIM の当面、将来の目指す姿

出典：社会基盤情報標準化委員会 特別委員会資料

1.3 CIM の効果的な活用方法

1.3.1 CIM 導入の効果（概要）

CIM の導入により、次に示す効果が期待されている。

- 情報の利活用（設計の可視化）
- 設計の最適化（整合性の確保）
- 施工の高度化（情報化施工） 判断の迅速化
- 維持管理の効率化、高度化
- 構造物情報の一元化、統合化
- 環境性能評価、構造解析等を目指す

【解説】

これらの効果は、発注者と受注者、関係者間の相互のより円滑な意思疎通等の手段として期待されるだけでなく、計画、調査、設計、施工、維持管理のそれぞれを実施する組織内部での効率的で高度な業務の遂行に活用できるものと考えられる。また、CIM を活用する十分なスキルを持った発注者（管理者）と受注者の双方が、それぞれの役割分担を明確にした上で、共有したモデルを通じた円滑な情報の交換が可能となる環境を構築していくことが不可欠である。

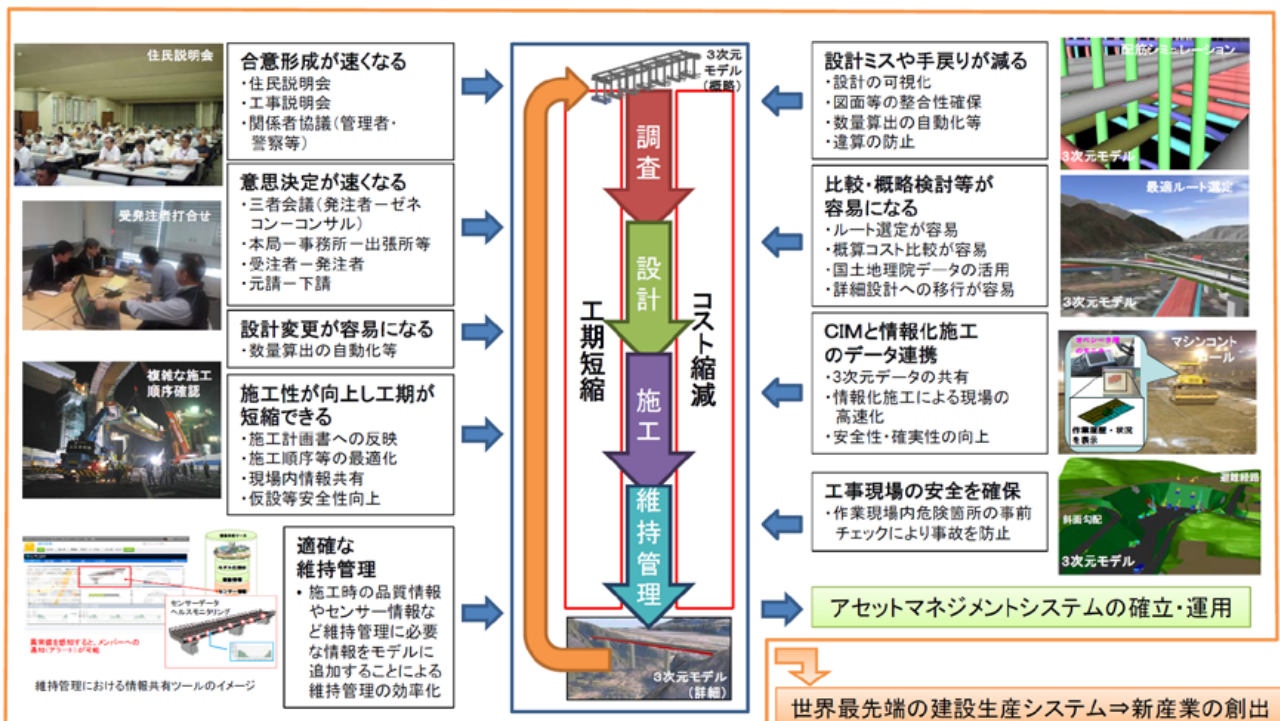


図 7 CIM 導入による効果

出典：国土交通省 第 7 回 CIM 制度検討会資料

1.3.2 CIM 導入の活用例

国土交通省では、平成 24 年度から CIM 試行事業を開始し、平成 27 年度までに 165 件の業務、工事で試行を行っている。試行を通じて特に効果が認められた活用例を示す。

(1) 設計段階での活用例

設計段階での試行を通じて特に効果が認められた活用例と活用イメージを示す。

表 2 平成 27 年度 CIM 試行事業（業務）で効果が認められた活用項目・検証内容

主な活用項目	主な検証内容
設計打合せ(協議)	可視化による条件誤認等の削減、データモデルの共有による効率化等
地質モデルの活用	地質モデル活用による設計判断の迅速化等
設計比較検討	可視化による合意形成の迅速化等
関係機関協議	可視化による関係者協議の効率化、合意形成の迅速化等
景観設計・検討	可視化による景観検討の効率化等
現地踏査	現地の可視化による踏査作業の効率化等
3D-CADによる数量算出	数量算出作業の効率化
設計照査	可視化による照査作業の効率化
仮設・施工計画検討	施工ステップ可視化等による合意形成の迅速化等

出典：国土交通省 第 9 回 CIM 制度検討会資料

1) 可視化による関係者協議の迅速化、合意形成の迅速化

地元説明会等の場で、計画内容を 3 次元モデルや立体模型によって説明することで、関係者との理解促進が図られ、その結果、合意形成の迅速化に寄与することができる。

- 地元説明会において3Dモデルを活用し、計画の説明を実施
- 特に模型は地元の方の反応も良く、計画の理解促進に寄与。



3Dモデルを提示(PC画面のスクリーン投影)しながら、計画変更箇所を説明



3Dモデルを3Dプリンタで出力した模型を活用し、道路や水路の高さを説明、復旧方法を議論

2014.02.12 安芸津BP 地元説明会

図 8 可視化による協議打合せの円滑化イメージ

出典：国土交通省 第 7 回 CIM 制度検討会資料

2) 数量算出作業の効率化

地形情報を3次元化しておくことで、施工予定区間内の切土・盛土の土量を自動的に算出することができる。

3次元モデルを活用した数量算出(土構造)

- ◆ 土構造の数量算出には、**地表面や地層面、掘削面等を重ね合わせた3次元モデル**を活用
- ◆ 数量は、**各面の標高差分を用いる点高法等により算出**

数量算出モデル

- 土構造物を、地表面、地層面、現地盤線または施工基面、計画埋戻し線等を用いて算出
- 土質区分は、ボーリングデータ等に基づく地層断面図を用いて表現し、1次比例で断面を補完して、断面間を接続し、土質区分の境界を表現する

算出方法及び根拠

- 土構造の工事数量算出には、数量算出根拠を確認できる「**点高法**（四点平均法、一点法）」によることを標準とする
- ※ 土構造のサンプルを用いた検証の結果、各手法ならびに、ソフトウェア間の差異は 3σ (約±99.73%以内)

$$V = A \times \frac{(h1 + h2 + h3 + h4)}{4}$$

点高法（4点平均法）
メッシュ交点の四隅の標高差を平均する方法

$$V = A \times h1$$

点高法（1点法）
メッシュ交点にて標高差を算出する方法

図 9 3次元モデルを数量自動算出（土構造）

出典：国土交通省 第5回 CIM 導入推進委員会資料

構造物の3次元モデルを作成し、構成部材毎に材料に関する情報を属性情報として付与しておくことで、部材や材料毎の数量を自動的に算出することができる。

3次元モデルを活用した数量算出(コンクリート構造)

- ◆ コンクリート構造の数量算出は、以下のように、「**体積**」を求める場合、「**長さ**」、「**面積**」や「**個数**」を求める場合と、数量算出不要の場合で3次元モデルの活用方法を区分
- A：3次元モデル（ソリッドモデル）を用いて、「**体積**」を算出する項目（例：コンクリート）
- B：簡易な形状（線、面、点）を用いて、「**長さ**」「**面積**」「**個数**」を算出する項目（例：鉄筋）
- C：**注記や属性で必要性の有無を確認**（3次元モデルによる数量算出は不要な項目）（例：均しコンクリート、足場）

数量算出モデル

※サンプルでは、数量算出の必要のない均しコンクリート等は、施工での必要性がある場合を想定し、注記を用いて表現しています。

数量算出項目及び区分例

項目	区分	属性評価				備考
		体積	形式	必要性の有無	単位	
橋台・橋脚本体コンクリート	A	○	○	—	m ³	引込 添付
基礎	C	×	×	○	—	
砕石	B	○	×	—	m ³	
均しコンクリート	C	×	×	○	—	必要箇所
化粧型枠	—	×	×	—	m ²	
鉄筋	B	○	×	—	t	
足場	C	×	×	○	—	引込
水貫パイプ	—	×	×	—	—	引込(橋脚のみ)にのみ

注1. 橋台・橋脚本体コンクリートの属性はコンクリート種別とする。
 注2. 橋台・橋脚本体コンクリートの形式は、逆丁式、T型橋脚、壁式橋脚とし、鉄筋式における打設区分については、注3を参照のこと。
 注3. 管状型等で足場が必要な場合及び特殊な足場を別途計上する必要がある場合は、必要の有無を「×」として別途計上する。なお、一般的な施工をする場合は必要の有無を判断する必要はない。

なお、上記は、数量算出における3次元モデルの基本的な表現方法を示すものであり、必要に応じて「B」や「C」に分類されている項目に「A」や他の表現方法を妨げるものではない。

図 10 3次元モデルを活用した数量算出（コンクリート構造）

出典：国土交通省 第5回 CIM 導入推進委員会資料

3) 可視化による景観検討の効率化、協議打合せの円滑化

景観検討において、複数の構造物の3次元モデルを作成することで、様々な角度から景観性を比較することができる。また、地元との円滑・迅速な合意形成に活用することができる。

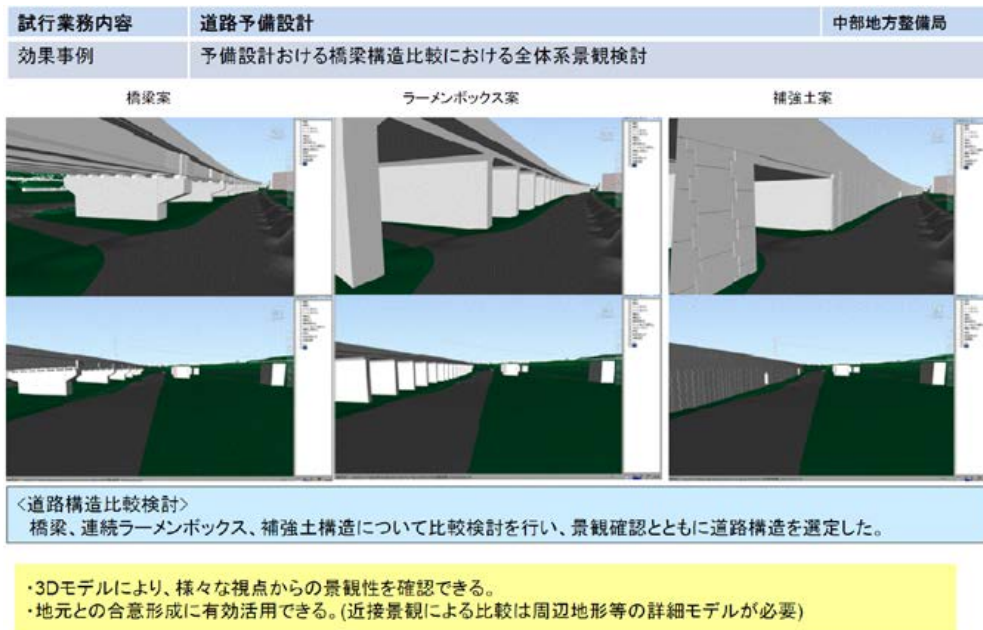


図 11 可視化による複数の景観確認イメージ

出典：国土交通省 第7回 CIM 制度検討会資料

4) 可視化による照査作業の効率化

2次元図面を3次元モデル化することで、図面では気づきにくい不整合箇所を瞬時に確認でき、照査作業の効率化が図られる。

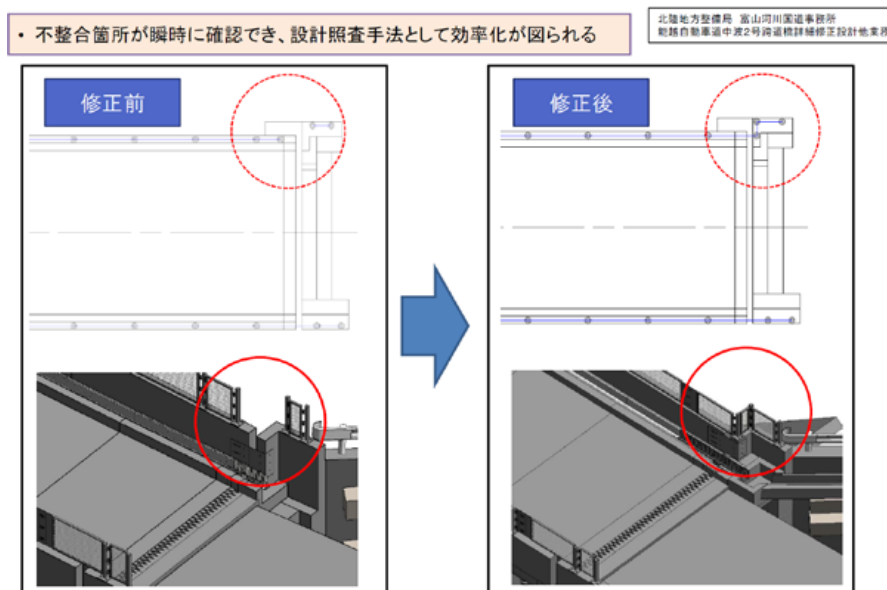


図 12 可視化による照査作業の効率化イメージ

出典：国土交通省 第7回 CIM 制度検討会資料

5) 将来の点検・補修作業を想定した検査路の動線検討

桁端部では、端横桁や支承で囲まれる狭隘な空間となることや制振ダンパー等の橋梁付属物が設置されることを踏まえ、将来の維持管理における点検作業や点検動線を可視化し、補修作業のイメージ等を設計段階において検討することで、維持管理時に非効率となることを未然に防止する。

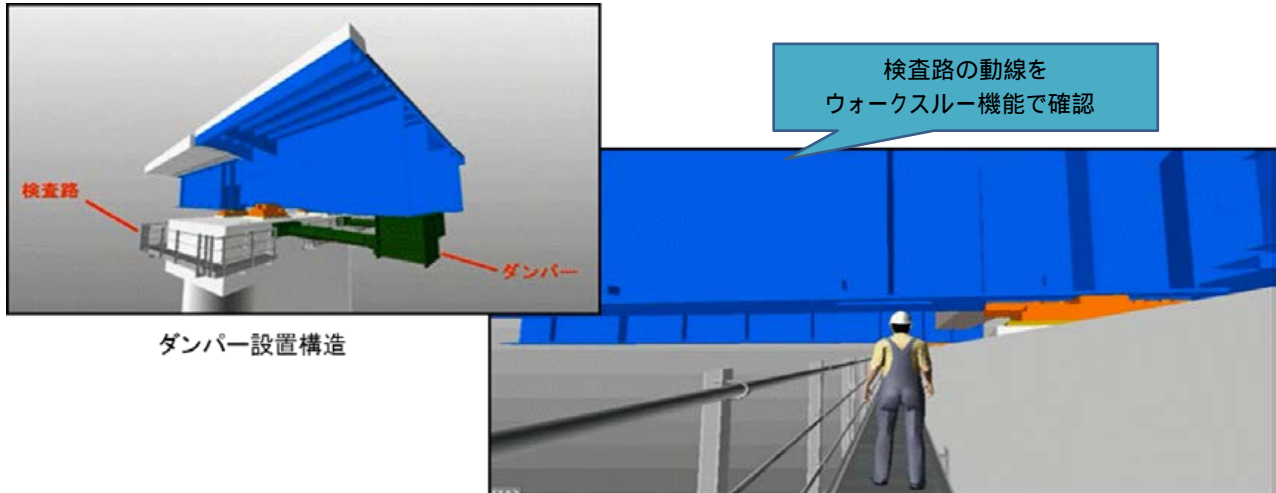


図 13 橋脚廻り検査路における点検動線確保の検討イメージ

出典：国土交通省 第7回 CIM 制度検討会資料

(2) 施工段階での活用例

施工段階の試行を通じて特に効果が認められた活用例と活用イメージを示す。

表 3 平成 27 年度 CIM 試行事業（工事）で効果が認められた活用項目・検証内容

活用項目	主な検証内容
安全教育・安全管理	施工対象可視化による危険予知活動、安全対策の向上
品質管理・施工管理	モデルによる施工記録管理(属性データ化)による品質管理、施工管理の効率化
出来形管理	計測機器とモデルの相互利用による測量作業等の効率化
施工計画検討	手順等の計画可視化による、施工調整の効率化 可視化ステップによるシミュレーション、施工手順計画の効率化 施工段階可視化による、協議、説明の効率化 等
設計照査	鉄筋干渉チェック等の照査効率化

出典：国土交通省 第9回 CIM 制度検討会資料

1) 施工対象可視化による安全管理の向上

施工手順を3次元で可視化することで、危険作業・箇所の事前確認を行う。

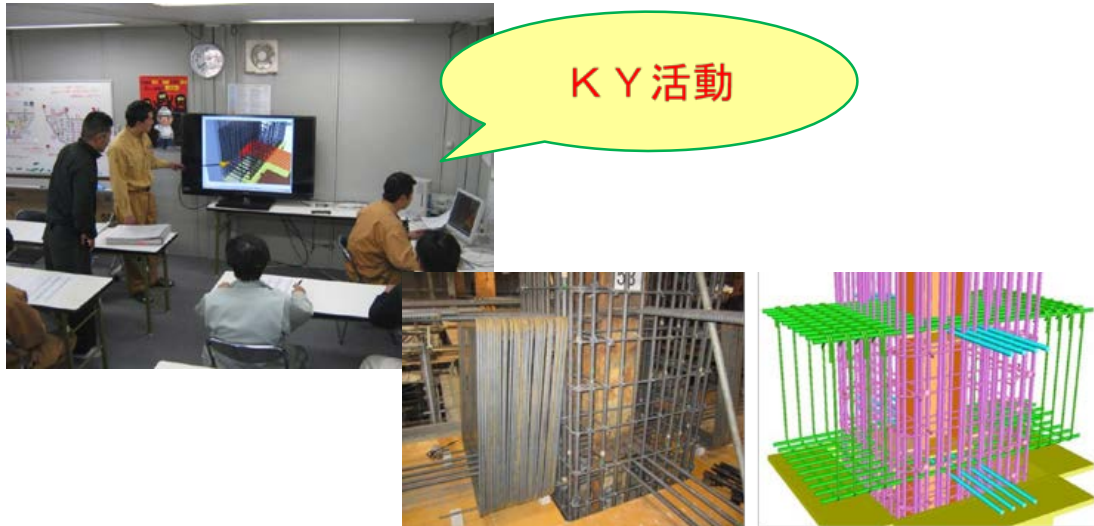


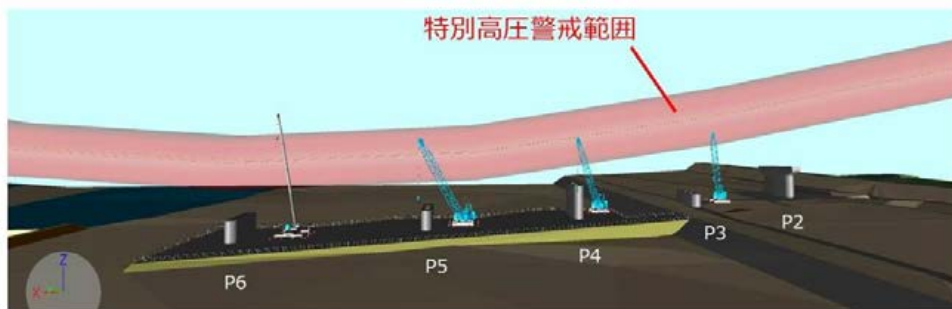
図 14 施工手順可視化による KY 活動イメージ

提供：株式会社大林組

施工計画時に、3次元モデルにより施工対象と（特別高圧警戒範囲等の）周辺環境との位置関係が把握しやすくなることで、安全性が向上する。

安全管理の向上

3Dモデルを活用した特別高圧線対策



3Dモデルにより、特別高圧警戒範囲とクレーンの関係を直感的に理解可能に
⇒施工計画の立案、協力会社の着手前教育に活用することで安全性向上

図 15 特別高圧警戒範囲の確認イメージ

出典：前田建設工業株式会社 公表作成資料

2) 施工計画検討、施工手順計画・工程管理の効率化

設計段階で作成された3次元モデルを施工段階（時間軸）で表現することで、施工手順、数量が可視化され、施工手順の確認や工程管理が効率化される。資材、機材調達の効率化、最適化にもつながる。

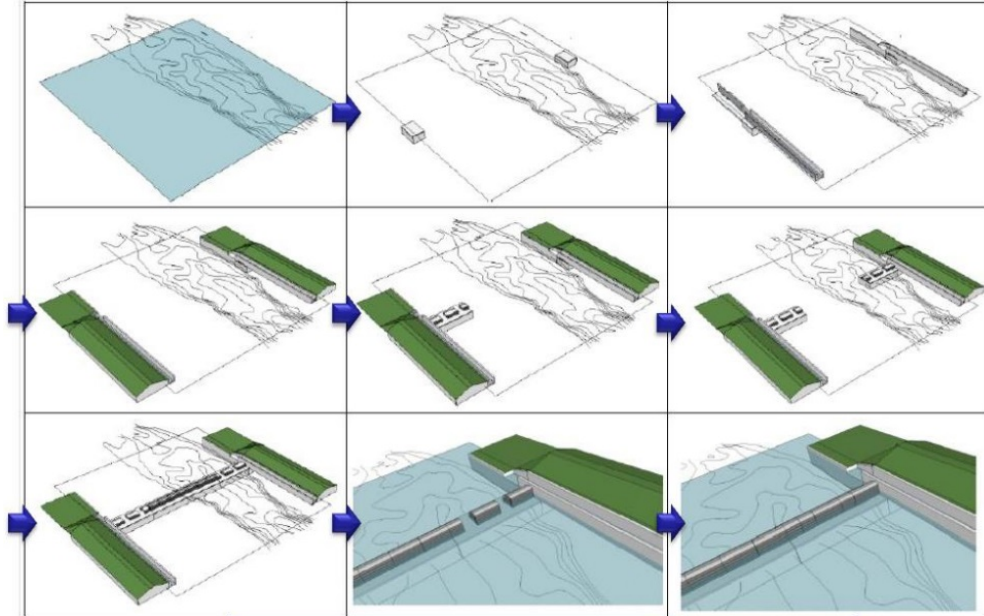


図 16 3次元データ+時間軸による工程管理イメージ

提供：一般財団法人先端建設技術センター

3) 出来形管理

計測機器と連携し、出来形情報を3次元モデルに反映、設計データとの比較を可視化できる。数量算出、設計変更対応等の迅速化が図られる。

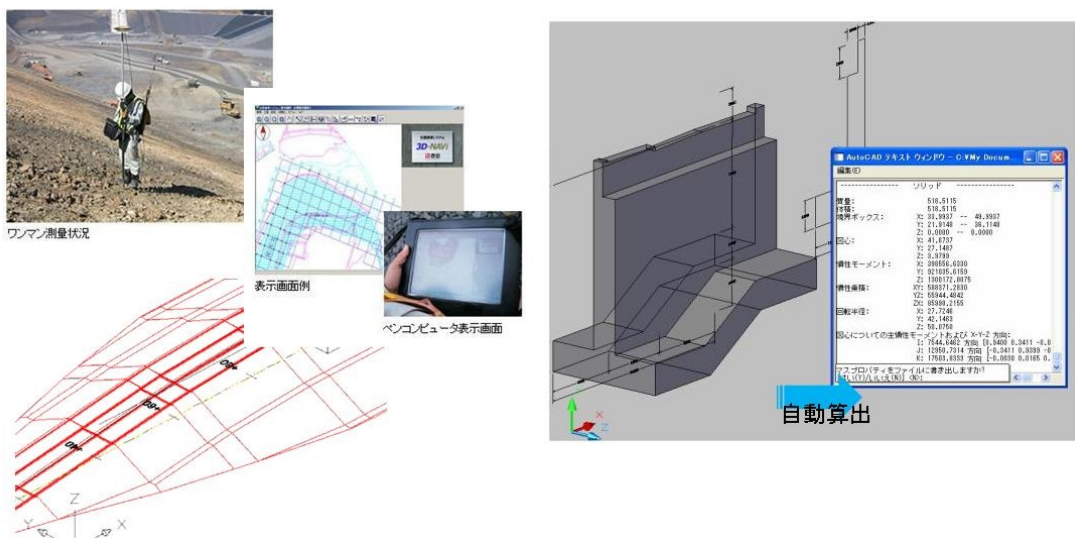


図 17 出来形管理、数量自動算出イメージ

4) 鉄筋干渉チェックによる設計照査の効率化

鉄筋に関する3次元モデルを作成し、鉄筋間が干渉しているか否かの確認を容易に行うことができる。

- 2次元の設計図面では限界のある立体的な干渉チェックが可能

(関東地方整備局 横浜国道事務所)
H23IC-JCT本線第一橋梁詳細設計業務

■干渉部位：杭鉄筋と底板鉄筋の干渉

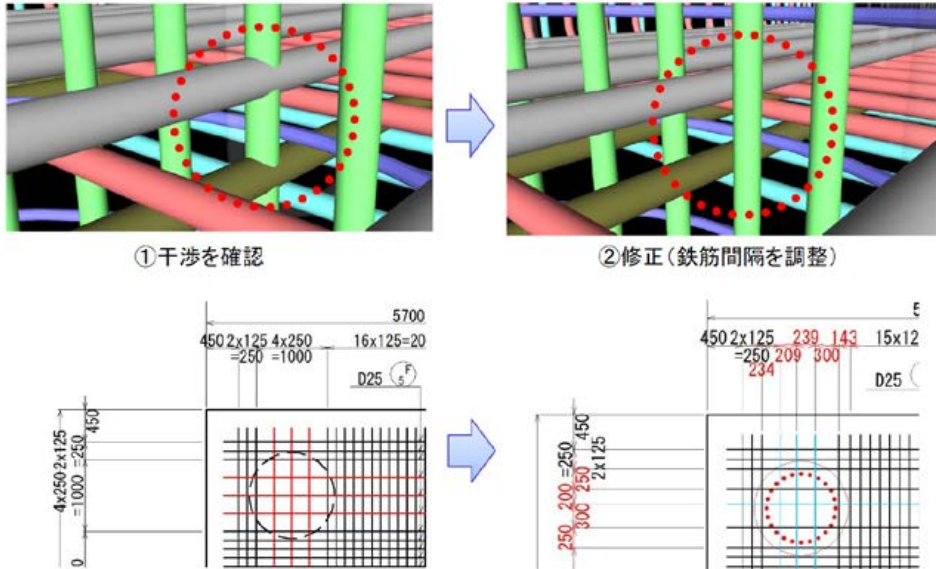


図 18 可視化による干渉確認イメージ

出典：国土交通省 第7回 CIM 制度検討会資料

(3) 維持管理段階での活用例

維持管理段階では、図 19 に示すような GIS 等を情報基盤として、調査、設計、施工の各段階で作成された各種データ（3次元モデル、属性情報等）を一括管理し、関係者間のデータ共有・活用を図るような活用イメージが考えられる。

事務所で管理する路線を対象とした GIS のベースのプラットフォーム（図 19 の ）を構築し、そこから各構造物の CIM モデル（図 19 の ）の立ち上げを可能にすることで直感的な情報検索が期待できる。

- 1 維持管理段階で活用する の各構造物の CIM モデルは、調査・設計・施工段階で作成した各構造物の CIM モデル（図 19 の ）に設計・施工段階で作成された報告書、図面、工事記録等の維持管理段階に必要な属性情報を付与して構築する。
- 1 更に、各構造物の CIM モデル（図 19 の ）に維持管理段階で作成・更新する点検記録とともに既存維持管理 DB（図 19 の ）の記録を 3次元モデルに紐付け、日常的に情報の集約・統合を図ることで、維持管理情報の一元管理とともに資料検索等の業務効率化が期待できる。
- 1 今後は、点検・診断に関する新たな ICT 技術によるデータ蓄積、また 3次元モデルを活用した FEM 解析、劣化予測等に応用していくことで、高度な活用が期待できる。

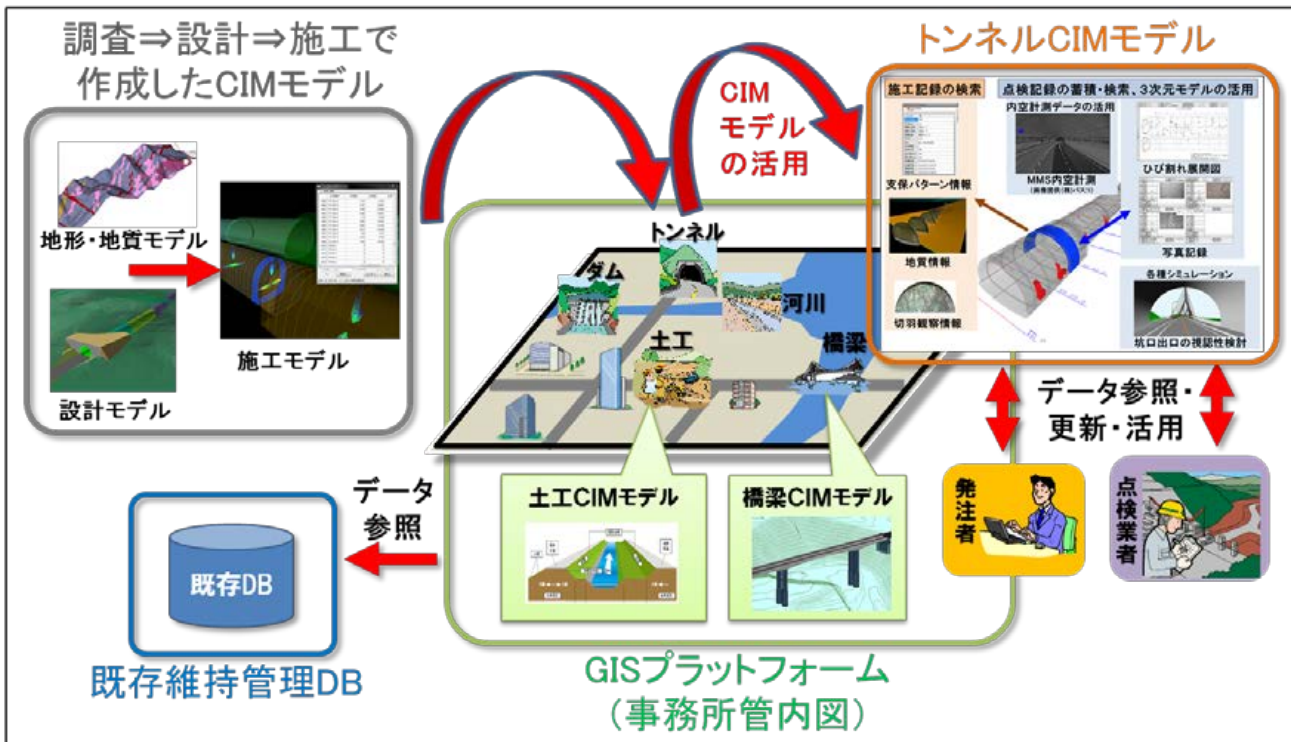


図 19 管内図をプラットフォームとした維持管理のイメージ（トンネル CIM モデルの場合）

1.4 CIM モデルの考え方・詳細度

1.4.1 CIM モデルの考え方

CIM モデルとは、対象とする構造物等の形状を 3 次元で表現した「3 次元モデル」と「属性情報」を組み合わせたものを指す。

- ・ 3 次元モデル：対象とする構造物等の形状を 3 次元で立体的に表現した情報を指す。
- ・ 属性情報：3 次元モデルに付与する部材（部品）の情報（部材等の名称、形状、寸法、物性及び物性値（強度等）、数量、そのほか付与が可能な情報）を指す。

なお、属性情報には、構造物の部材の諸元や数量等のデータを定型化し、ソフトウェアの機能により「3 次元モデルに直接付与する属性情報」と、文書や図面のように非定型な情報を「外部参照のファイル」として参照（リンク）するような「3 次元モデルから外部参照する属性情報」がある。

構造物を例にとると、CIM モデルは、次図のようになる。

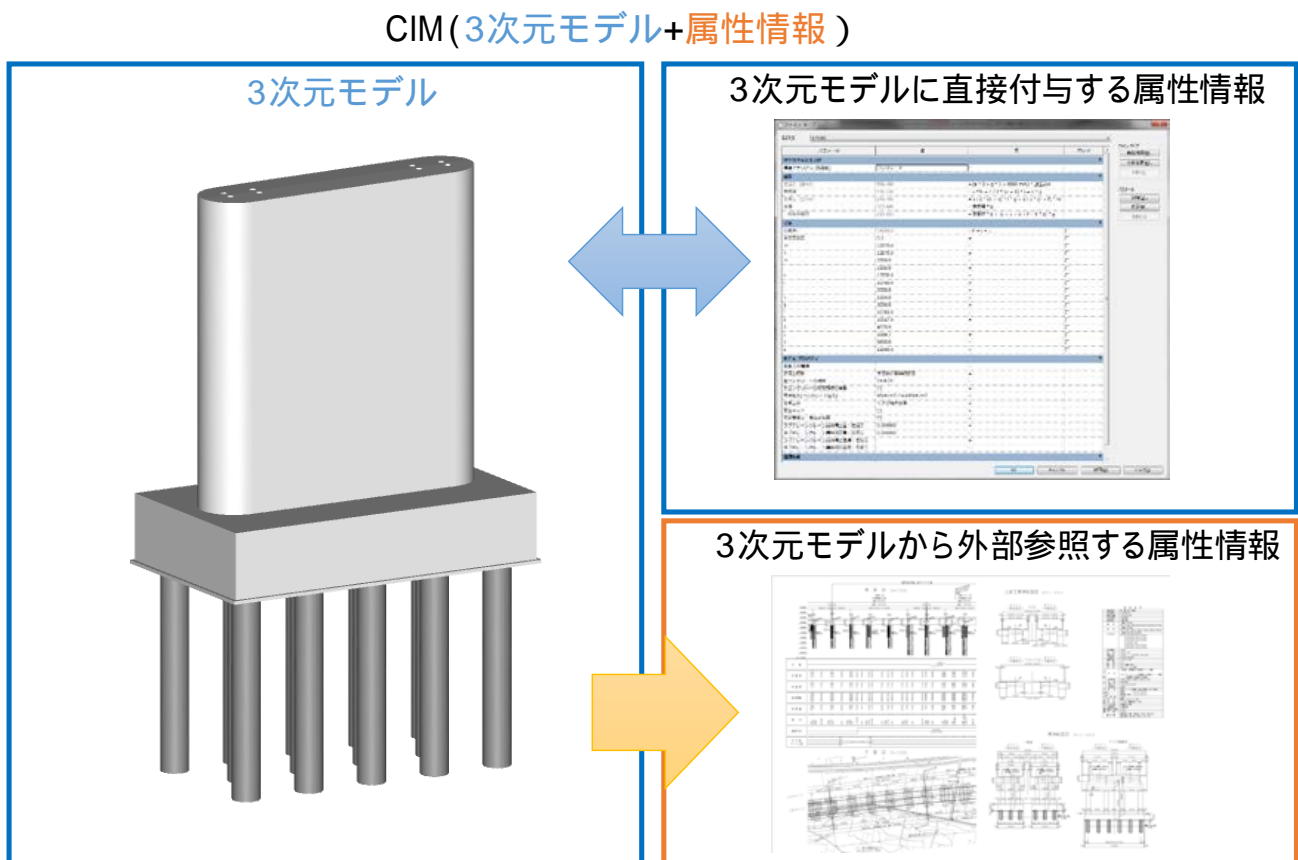


図 20 3 次元モデルと属性情報の関係（構造物の場合）

1.4.2 CIM モデルの分類

CIM モデルは、構造物や地形などの分類毎に、作成・更新・管理する。また、それぞれの CIM モデルを組み合わせ、作成用途に応じて CIM モデル全体を把握できるようにしたものを「統合モデル」と呼ぶ。

(1) 線形モデル

線形モデルは、道路中心線や構造物中心線を表現する 3 次元モデルである。

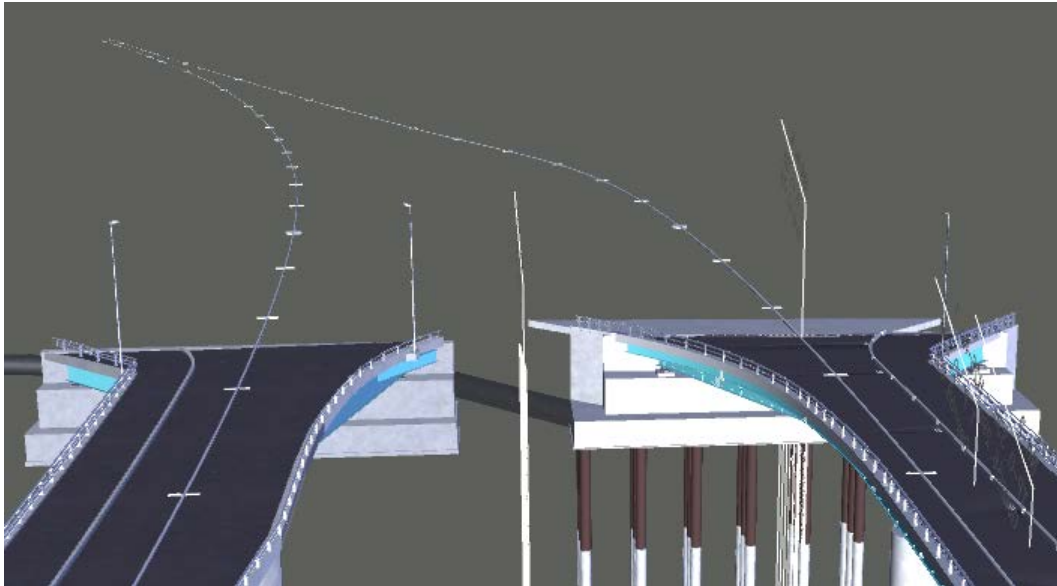


図 21 線形モデルの例

(2) 土工形状モデル

土工形状モデルは、盛土、切土等を表現したもので、サーフェスモデル等で作成する。

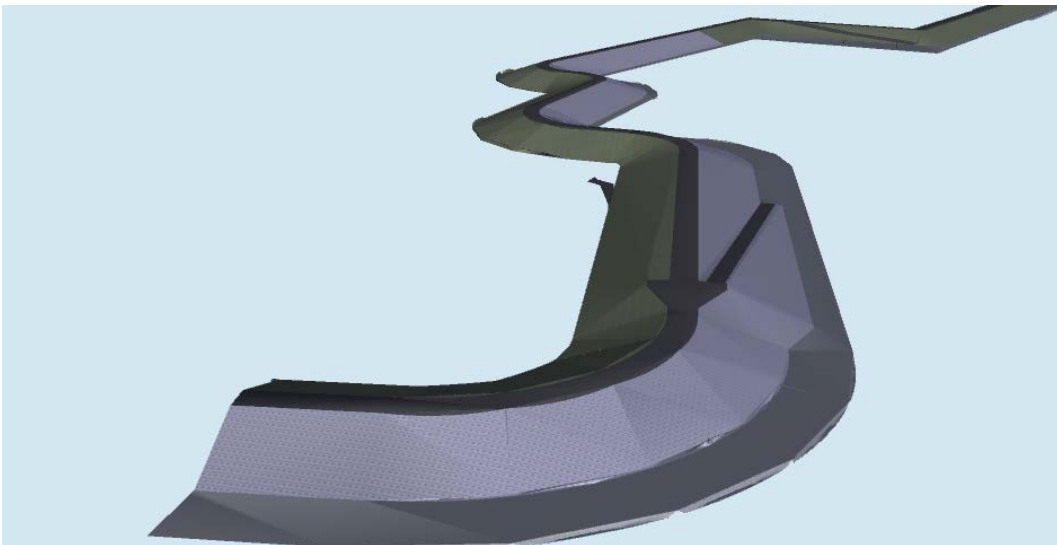


図 22 土工形状モデルの例

(3) 地形モデル

一般的に、現況地形の作成は、数値地図（国土基本情報） 実際の測量成果等を基に、数値標高モデルとして、TIN（Triangulated Irregular Network） テクスチャ画像等を用いて表現される。テクスチャ画像として、航空写真や測量成果を基に作成したオルソ画像が存在する場合がある。

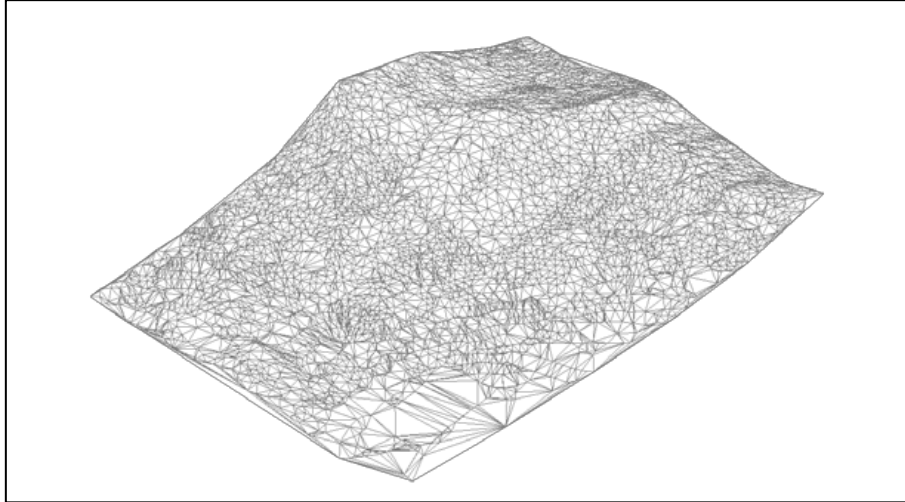


図 23 地形モデルの例

(4) 構造物モデル

構造物モデルは、構造物、仮設構造物等を 3 次元 CAD 等を用いて作成したモデルである。3 次元形状については、主にソリッドを用いて作成される。

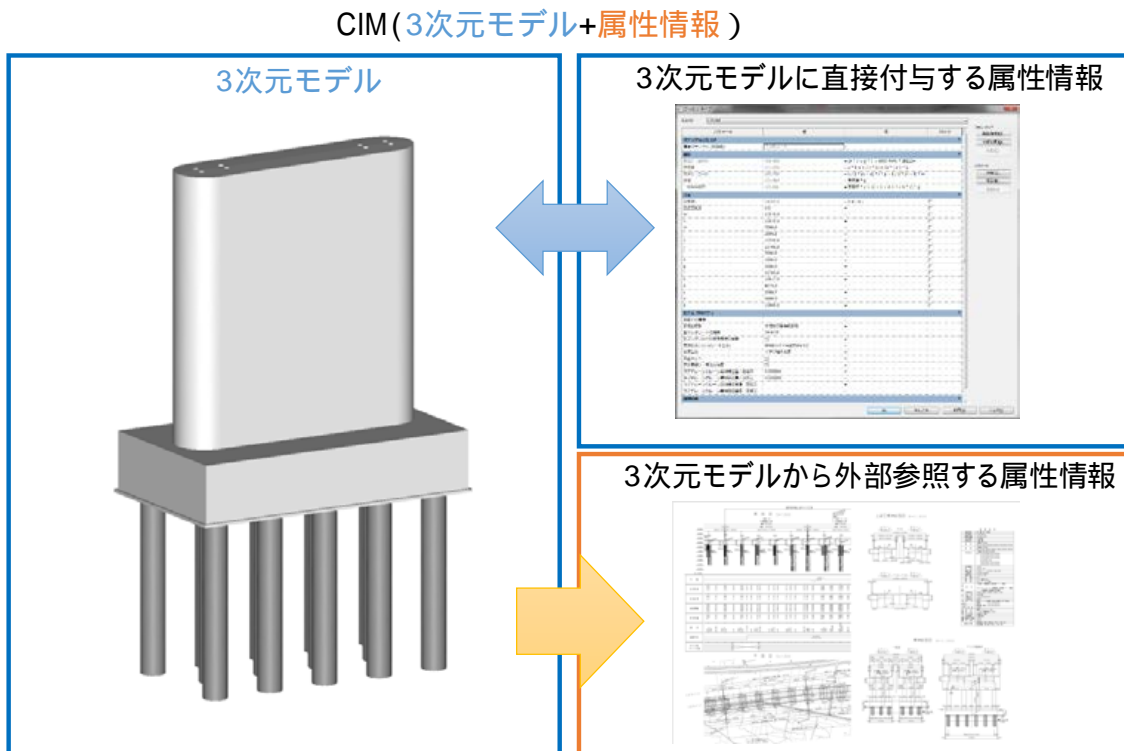


図 24 構造物モデルの例

(5) 地質・土質モデル

地質・土質モデルは、地質ボーリング柱状図、表層地質図、地質断面図、地層の境界面等の地質・土質調査の成果又は地質調査の成果を基に作成した地層の境界面のデータ等を、3次元空間に配置したモデルである。

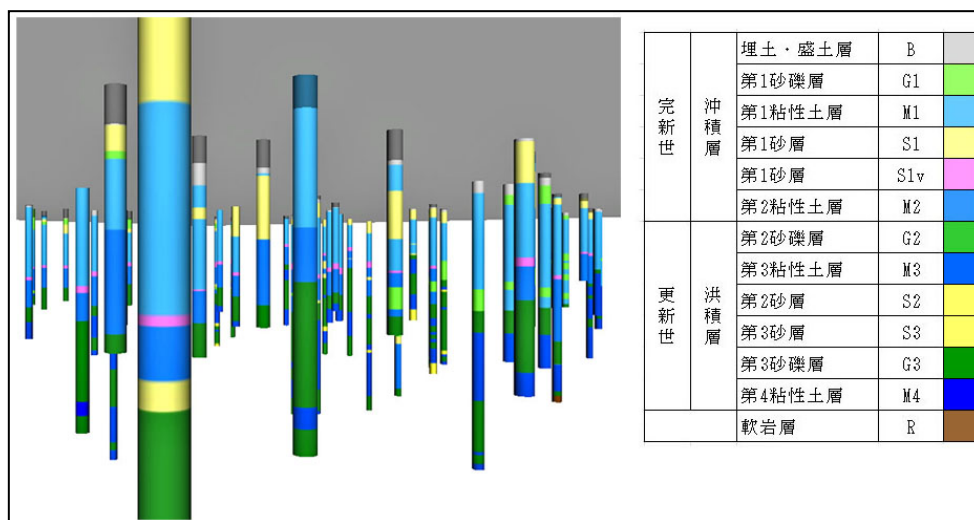


図 25 地質・土質モデルの例

(6) 広域地形モデル

広域地形モデルは、数値地図（国土基本情報）等の対象地区を含む広域な範囲の地形モデル、建屋等の3次元モデルである。地表面はTIN（Triangulated Irregular Network）等を用いて表現される。テクスチャ画像として、航空写真や測量成果を基に作成したオルソ画像が存在する場合がある。

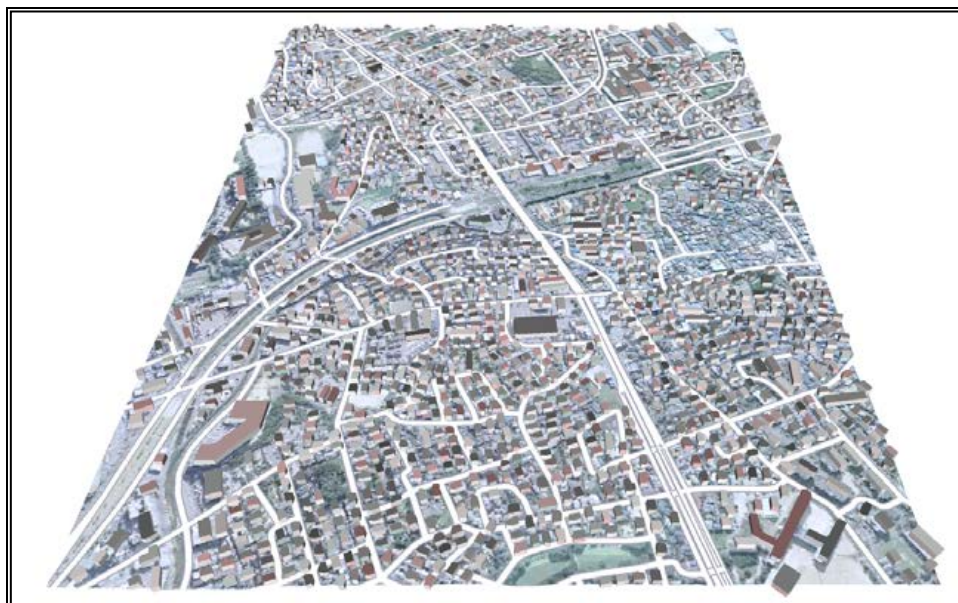


図 26 広域地形モデルの例

(7) 統合モデル

統合モデルは、線形モデル、土工形状モデル、地形モデル、構造物モデル、地質・土質モデル、広域地形モデル等の CIM モデルを統合したモデルである。

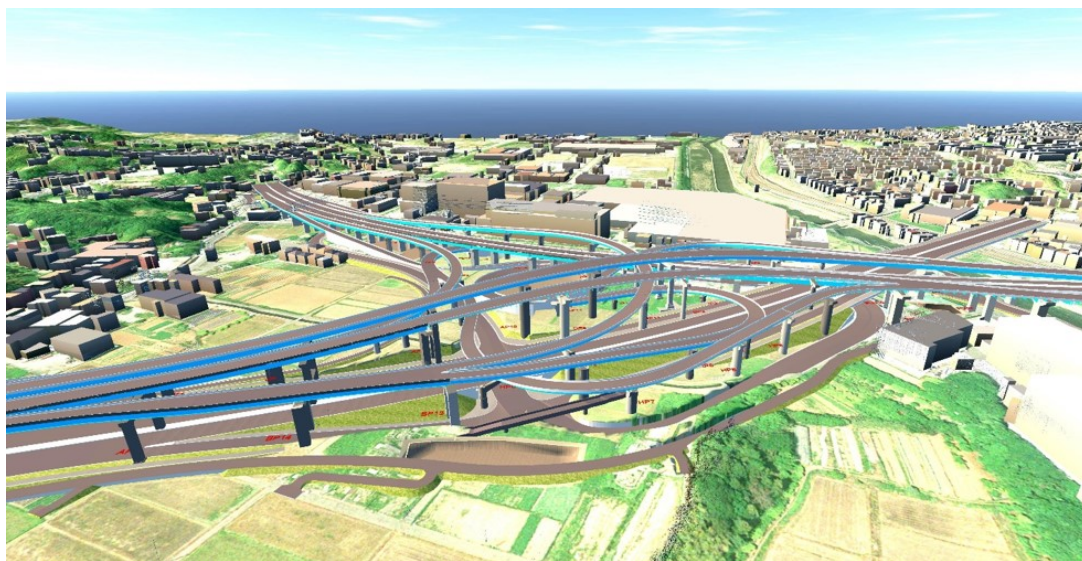


図 27 統合モデルの例

1.4.3 CIM モデル詳細度

(1) CIM モデル詳細度の運用

- Ⅰ 発注者からの3次元モデル作成の指示時、受発注者間での3次元モデル作成の協議時には、本ガイドラインで定義したCIMモデル詳細度を用いて協議するものとする。
- Ⅰ 作成・提出する3次元モデルについて、そのモデルの作りこみレベルを示す等の場合には、本ガイドラインで定義したCIMモデル詳細度（及び必要に応じて補足説明）を用いて表記するものとする。

【解説】

「CIMモデルをどこまで詳細に作成するか（＝詳細度）」は、CIMモデル作成や活用の目的により異なる。そのため、受発注者間で事前に確認・協議の上、決定しておく必要がある。

3次元モデルの作成レベル、作成範囲等を表現する指標がない場合には、3次元モデルを構築・納品した際に、作成者ごとにモデルの作り込み内容が異なる等の理由から、無駄、手戻等の発生や混乱が生じる可能性がある。

CIMモデルの詳細度については、社会基盤情報標準化委員会 特別委員会（事務局（一財）日本建設情報総合センター）で検討されている。

社会基盤情報標準化委員会とは、産学官から構成される委員会で、「円滑な電子データ流通基盤の構築」及び「統合的な電子データ利用環境の創出」を実現させることにより、建設分野全体の生産性向上を図ることを目的とした活動を行っている。特別委員会は、その内部に設置された具体的な検討を行うための委員会である。

【CIMモデル詳細度 設定目的】

- Ⅰ 受発注者間での対象となる3次元モデルのレベル認識の共有
- Ⅰ 受注者から、モデル作成業者へ作業委託する際の対象となる3次元モデルのレベル認識の共有
- Ⅰ 設計段階から施工段階などの段階を跨いでデータを引き渡す際の3次元モデルに求める要求レベルの共有

出典：土木分野におけるモデル詳細度標準（案）【改訂版】（平成30年3月 社会基盤情報標準化委員会 特別委員会）

3次元モデルの詳細度が必要となる具体的な利用場面を示す。

受発注者間でのモデル詳細度の利用場面

複数のモデル作成業者が作成したモデルを統合利用する場面



図 28 受発注者間でのモデル詳細度の利用場面

出典：土木分野におけるモデル詳細度標準（案）【改訂版】（平成 30 年 3 月 社会基盤情報標準化委員会 特別委員会）

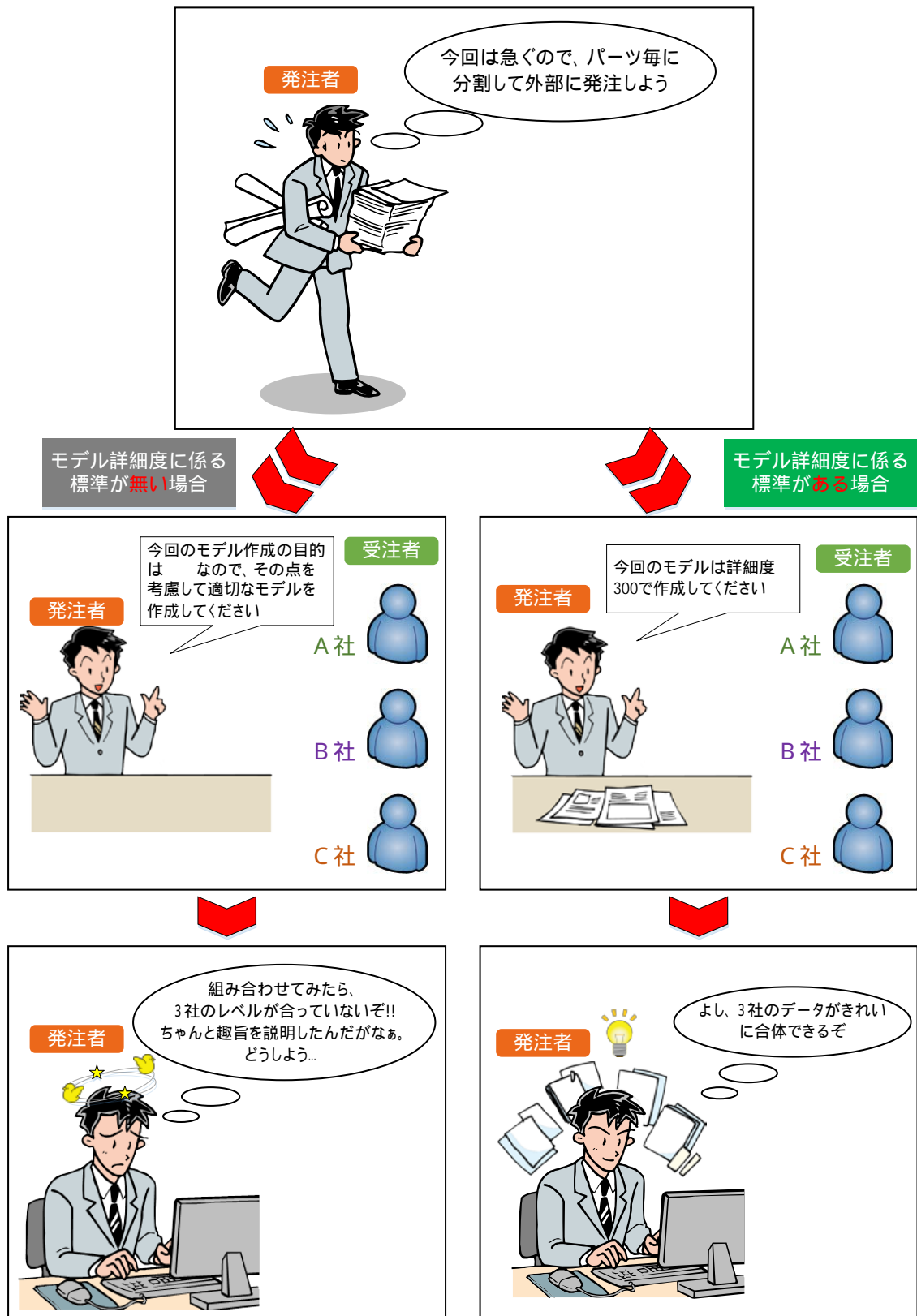


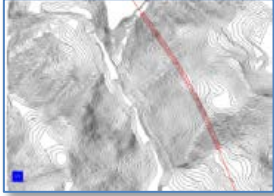
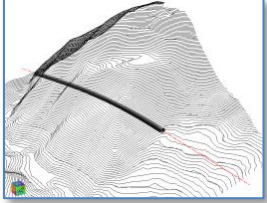


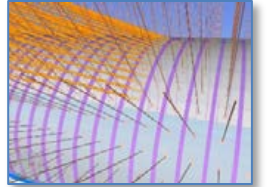
図 29 複数のモデル作成業者が作成したモデルを統合して利用する場面

出典：土木分野におけるモデル詳細度標準（案）【改訂版】（平成 30 年 3 月 社会基盤情報標準化委員会 特別委員会）

(2) CIM モデル詳細度の定義

CIM モデル作成に用いる詳細度の工種共通の定義を次に示す。各工種の詳細度は、本ガイドラインの各分野編に掲載している。

表 4 CIM モデル詳細度（工種共通の定義）

詳細度	共通定義	【参考】工種別の定義例	
		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もしくは線状のモデル 	
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、また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weep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）避難通路などの拡幅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の範囲を記号等で、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および配筋も含めて、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表現したモデル	設計・施工段階で活用したモデルに完成形状を反映したモデル	-

出典：土木分野におけるモデル詳細度標準（案）【改訂版】（平成 30 年 3 月 社会基盤情報標準化委員会 特別委員会）

（http://www.jacic.or.jp/hyojun/modelsyosaido_kaitei1.pdf）

スweep・・・平面に描かれた図形のある基準線に沿って移動させて 3 次元化する技法のこと。ここでは、トンネル標準横断面を道路中心線形に沿って移動させることにより 3 次元モデル化している。

(3) 地形についてのモデル詳細度の指定方法

地形についてモデル詳細度を設定する場合には、構造物とは性質を異にしているため、構造物に対するモデル詳細度のような区分定義ではなく、以下の方法で規定するものとする。

表 5 地形のモデル詳細度を規定する項目

項目	設定方法
測量精度	地図情報レベルで設定 (地図情報レベル 250、 500、 1000、 2500、 5000、 10000、 の 6 段階)
点密度	1m メッシュあたりに必要な点数 (1m メッシュあたり 10 点以上の場合) 又は 1 点あたりの格子間隔 で設定

「地図情報レベル」の定義は、「公共測量作業規程」(国土交通省告示) 第 80 条による

出典：土木分野におけるモデル詳細度標準(案)【改訂版】(平成 30 年 3 月 社会基盤情報標準化委員会 特別委員会)

【指定の例】

- ・ 地図情報レベル 250、点密度は 0.1m メッシュ当たり 1 点以上
- ・ 地図情報レベル 500、点密度は 0.5m メッシュ当たり 1 点以上
- ・ 地図情報レベル 5000、格子間隔 5m 以内

等

なお、地図情報レベル毎の測量精度については、「表 19 地図情報レベルとその精度及び地図縮尺の関係の目安」を参照。

1.4.4 CIM モデル作成 事前協議・引継書シート

作成した CIM モデルを計画、調査、設計、施工、維持管理の各段階にわたり共有し、有効活用していくためには、CIM モデルを作成・更新した際の目的や考え方を次工程に引き継ぐことが重要である。

< CIM モデル作成・更新について次工程へ引継ぐ情報 >

- ・ CIM モデルの作成・更新の目的、範囲、詳細度、付与した属性情報
- ・ 作成ソフトウェア、ファイル形式
- ・ 次工程への引継事項、利用上の制約、留意点等

そのため、CIM モデル作成・更新に関する事前協議及び納品時に、次図に示す「CIM モデル作成事前協議・引継書シート」にこれらの情報を CIM モデル作成者（受注者等）が記載し、作成・更新した CIM モデルとともに納品する。

なお、CIM モデルの作成・更新の範囲は受発注者協議で決定するが、決定事項の履行は発注者の「指示」により「受注者」が行う。

様式については、「別紙 CIM モデル作成 事前協議・引継書シート」を参照。

CIMモデル作成 事前協議・引継書シート

段階		測量		地質・土質		予備設計		詳細設計		施工		維持管理	
事前協議時 / 納品時の別		事前協議時	納品時	事前協議時	納品時	事前協議時	納品時	事前協議時	納品時	事前協議時	納品時	事前協議時	納品時
記入日(年月日)													
基本情報													
業務・工事名													
工種													
発注者		担当課											
		職員											
受注者		会社名											
		技術者											
座標系													
モデル作成・更新の目的(想定した活用策、導入効果など)													
作成データ モデルの概要													
測量データ		新規 / 更新 / 未更新											
		格納フォルダ名											
		作成ソフトウェア											
		ファイル形式											
		単位											
線形モデル		新規 / 更新 / 未更新											
		格納フォルダ名											
		作成ソフトウェア											
		ファイル形式											
		単位											
土工形状モデル		新規 / 更新 / 未更新											
		格納フォルダ名											
		ワイヤフレーム/サニタリ/カット											
		作成ソフトウェア											
		ファイル形式											
地形モデル		新規 / 更新 / 未更新											
		格納フォルダ名											
		ワイヤフレーム/サニタリ/カット											
		詳細度(縮尺・ピッチ)											
		作成ソフトウェア											
構造物モデル		新規 / 更新 / 未更新											
		格納フォルダ名											
		ワイヤフレーム/サニタリ/カット											
		詳細度											
		作成ソフトウェア											
地質・土質モデル		新規 / 更新 / 未更新											
		格納フォルダ名											
		モデル形式											
		作成ソフトウェア											
		ファイル形式											
広域地形モデル		新規 / 更新 / 未更新											
		格納フォルダ名											
		詳細度(縮尺・ピッチ)											
		作成ソフトウェア											
		ファイル形式											
統合モデル		新規 / 更新 / 未更新											
		格納フォルダ名											
		作成ソフトウェア											
		ファイル形式											
		単位											
属性(内容、付与方法等)													
貸与品(前工程成果)の確認結果、引継事項													
貸与品(前工程成果)の確認結果													
次工程への引継事項、利用上の制約、留意点等													

CIMモデル作成・更新に関する段階(調査、設計等)は、対象工種や事業・工事事目的物に応じて、適宜変更・追加を行うものとする。

図 30 CIM モデル作成 事前協議・引継書シート

1.5 CIM モデルの提出形態

CIM 活用業務及び CIM 活用工事における CIM モデルを含む成果品の提出形態を示す。
詳細は、次の手引きを参照。

- ・「CIM 事業における成果品作成の手引き（案）」（平成 30 年 3 月）

1.5.1 CIM 事業の成果品の範囲

CIM 事業の成果品の作成範囲は、受発注者協議により決定する。

なお、CIM 活用業務及び CIM 活用工事での CIM モデル等の成果品の作成範囲は、次のとおり。

CIM モデル照査時チェックシート、CIM モデル作成 事前協議・引継書シート、CIM 実施計画書、CIM 実施（変更）計画書、CIM 実施報告書等

CIM モデル：構造物や地形等の各 CIM モデル

統合モデル：各 CIM モデルを統合したモデル

動画等：スライドや動画等のファイル

CIM モデルが適正な成果品となっているか照査、確認を行った結果を記入するシート。詳細は、「CIM 事業における成果品作成の手引き（案）」（平成 30 年 3 月）5 章を参照。

1.5.2 成果品のフォルダ構成

CIM 活用業務及び CIM 活用工事の成果品のフォルダ構成について、土木設計業務にて例示する。

「土木設計業務等の電子納品要領（平成 28 年 3 月）」及び「工事完成図書の電子納品等要領（平成 28 年 3 月）」の「ICON フォルダ」下に「CIM フォルダ」を作成し、格納する。

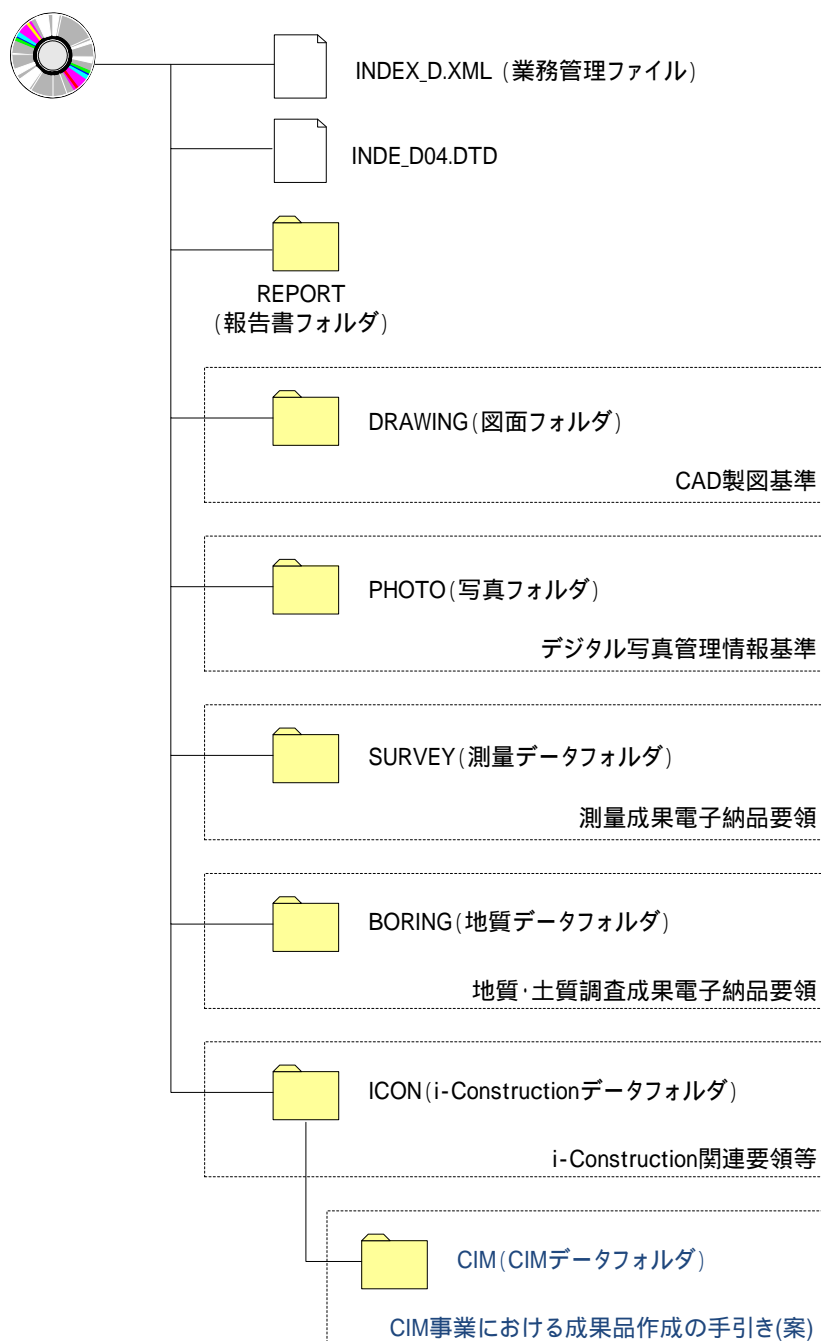


図 31 CIM フォルダの位置づけ（土木設計業務等の電子納品の場合）

各フォルダは、CIM 事業の成果品として発注者に引渡すものを格納する。格納するファイルがないフォルダは、作成する必要はない。

なお、フォルダ名ならびにフォルダ構成は、図 32 を原則とし、使用するソフトウェアの制限等により仕分けができない場合は、いずれかのフォルダにまとめて格納、フォルダの追加を認める。なお、各フォルダにはサブフォルダを設けてよい。フォルダ名は半角英数字とする。次の図では、各フォルダに格納する内容を右側に参考表記している。

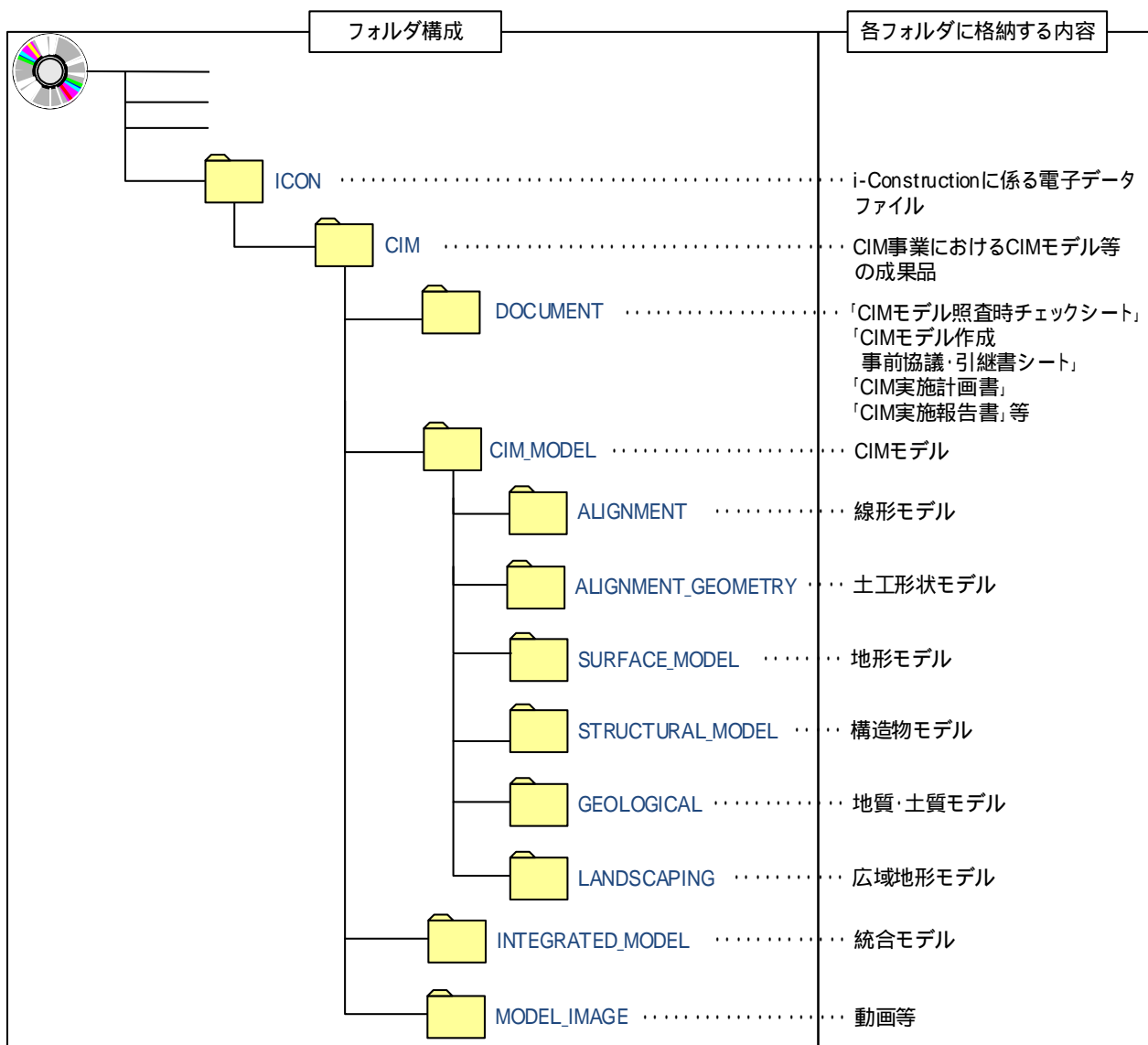


図 32 CIM フォルダ内の構成

1.6 用語の定義

本ガイドラインにて使用する主な用語の定義は次のとおり。

表 6 用語の定義（その1）

No.	用語	定義
1	3DA モデル	3次元CADを用いて作成した3次元形状に、構造特性・2次元図面・モデル管理情報を加えたモデルをいう。
2	3次元点群データ	UAV写真測量、地上レーザースキャナ等による3次元測量によって得られた3次元座標を持った点データの集合をいう。省略して「点群データ」又は「点群」と呼ばれる場合がある。写真画像を用いる事で、各点に色情報を与えることも可能である。 地表面の計測だけでなく、新設建造物の出来形の管理・数量算出、既設建造物を点群データにより3次元化してCIMデータの代替・CIMデータを作成するための元データとする、2時期のデータにより変状解析等、利用用途・範囲が広がっている。
3	3次元モデル	対象とする建造物等の形状を3次元で立体的に表現した情報を指す。各種の形状を3次元で表現するためのモデリング手法には、ワイヤーフレーム、サーフェス、ソリッド等がある。一般的に、建造物には、体積が求められるソリッド、地形には、TIN（Triangulated Irregular Network）が利用されている。
4	CIM（Construction Information Modeling / Management）	計画、調査、設計段階から3次元モデルを導入し、その後の施工、維持管理の各段階においても3次元モデルに連携・発展させ、併せて事業全体にわたる関係者間で情報を共有することにより、一連の建設生産システムの効率化・高度化を図るものである。
5	CIMモデル	CIMモデルとは、対象とする建造物等の形状を3次元で表現した「3次元モデル」と「属性情報」を組み合わせたものを指す。 建造物モデル、地形モデル、統合モデル等のCIMモデルの分類は「1.4.2 CIMモデルの分類」を参照。
6	CIMモデル詳細度	CIMモデルをどこまで詳細に作成するかを示したもの。本ガイドラインでは、100、200...500と5段階のレベルを定義している。
7	GIS（地理情報システム）	GISとは、位置に関する様々な情報を持ったデータを電子的な地図上で扱う情報システム技術の総称である。 出典：http://www.mlit.go.jp/kokudoseisaku/kokudoseisaku_tk1_000041.html
8	i-Construction	i-Constructionとは、建設現場、すなわち調査・測量、設計、施工、検査、維持管理・更新までのあらゆる建設生産プロセスにおいて、抜本的に生産性を向上させる取組であり、建設生産システム全体の生産性向上の取組である。 出典 「i-Construction ～建設現場の生産性革命～平成28年4月」（i-Construction委員会）
9	ICT	ICT（Information and Communication Technology）は、情報通信技術を意味し、パソコン、インターネット等の技術を総称している。
10	IFC	IFC（Industry Foundation Classes）は、buildingSMART Internationalが策定した3次元モデルデータ形式である。2013年にはISO 16739:2013として、国際標準として承認されている。当初は、建築分野でのデータ交換を対象にしていたが、2013年にはbSI内にInfrastructure Roomが設置され、土木分野を対象にした検討が進められている。

表 7 用語の定義(その2)

No.	用語	定義
11	LandXML	LandXML は土地造成、土木工事、測量のデータ交換のためのオープンなフォーマットで、2000年に米国で官民から成るコンソーシアム LandXML.org により開発運営が開始された。 国内事業に適用するため、国土交通省国土技術政策総合研究所が、「LandXML1.2 に準じた 3次元設計データ交換標準(案)」を策定している。日本国内で「LandXML」又は「LandXML1.2」という場合には、同交換標準案に準じたフォーマットを指す場合が多い。
12	LandXML1.2 に準じた 3次元設計データ交換標準(案)	国土交通省の道路事業、河川事業の設計及び工事において、CIM や i-Construction で必要となる交換すべき 3次元設計データを LandXML に準拠した形式で表記することとし、その内容及びデータ形式を定めたものである。オリジナルの LandXML に対して一部拡張を行っている。(LandXML1.2 に準じた 3次元設計データ交換標準(案) Ver.1.1 平成 29年 3月 国土交通省国土技術政策総合研究所より一部引用)
13	TIN (Triangulated Irregular Network)	1つの面を 3角形で表現する手法である。3角形の形状が決まっていないため、不整 3角網 (Triangulated Irregular Network) と呼ぶ。
14	TLS (地上型レーザー スキャナー)	地上型レーザー スキャナー (Terrestrial Laser Scanner) の略。1台の機械で指定した範囲にレーザーを連続的に照射し、その反射波より対象物との相対位置(角度と距離)を面的に取得できる装置のことである。TS のようにターゲットを照準して計測を行わないため、特定の 変化点や位置を選択して計測することができない場合が多い。 出典：地上型レーザー スキャナーを用いた出来形管理要領(土工編) 1-1-4 用語の解説
15	TS (トータルステーション)	トータルステーション (Total Station) の略。1台の機械で角度(鉛直角・水平角)と距離を同時に測定することができる電子式測距測角儀のことである。計測した角度と距離から未知点の座標計算を瞬時に行うことができ、計測データの記録及び外部機器への出力ができる。標定点の座標取得及び実地検査に利用される。 出典：地上型レーザー スキャナーを用いた出来形管理要領(土工編) 1-1-4 用語の解説
16	アーカイブデータ	保存記録のこと。
17	オリジナルファイル	オリジナルファイルとは、「CAD、ワープロ、表計算ソフト、及びスキャニング(紙原本しかないもの)によって作成した電子データ等」を指す。
18	機械設備 CIM	機械設備 CIM とは、CIM (Construction Information Modeling /Management) を用い、機械設備の計画、調査・設計、施工、維持管理の一連の過程において、情報の一元化、情報の共有、情報の活用による業務の効率化・高度化を図るものである。
19	基盤地図情報	地理空間情報のうち、電子地図上における地理空間情報の位置を定めるための基準となる測量の基準点、海岸線、公共施設の境界線、行政区画その他の国土交通省令で定めるものの位置情報(国土交通省令で定める基準に適合するものに限る。)であって電磁的方式により記録されたものをいう。 出典：地理空間情報活用推進基本法(平成 19年 5月 30日法律第 63号) (定義) 第二条 3より
20	サーフェス	物体の表面のみを表現する手法であり、TIN、メッシュ等で表現される。

表 8 用語の定義(その3)

No.	用語	定義
21	数値地形図データ	地形、地物等に係る地図情報を位置、形状を示す座標データ、内容を示す属性情報等として、計算処理が可能な状態で表現したものをいう。 出典：公共測量作業規程 一部改訂 平成 28 年 3 月 31 日 国土交通省告示 第 565 号
22	数値標高モデル (DEM:Digital Elevation Model)	数値標高モデルは、地表面を等間隔の正方形に区切り、それぞれの正方形に中心点の標高値を持たせて表現したモデルである。ビットマップ画像や TIN によって地形をデジタル表現する手法である。 建物等の地表上にある構造物・樹木等(地物)の高さを含む数値表層モデル DSM(Digital Surface Model)から、地物の高さを取り除いて、地表面の高さだけにしたものである。
23	属性情報	3次元モデルに付与する部材(部品)の情報(部材等の名称、形状、寸法、物性及び物性値(強度等)、数量、そのほか付与が可能な情報)を指す。 (1) 3次元モデルに直接付与する属性情報 構造物の部材の諸元や数量等のデータを定型化し、ソフトウェアの機能により、部材に直接付与される情報 (2) 3次元モデルから外部参照する属性情報 文書や図面のように非定型な情報を「外部参照のファイル」として参照(リンク)する情報
24	ソリッド	サーフェスが物体の表面のみを表現しているのに対して、ソリッドは物体の表面と中身を表現する手法である。
25	地図情報レベル	数値地形図データの地図表現精度を表し、数値地形図における図郭内のデータの平均的な総合精度を示す指標をいう。 出典：国土地理院 作業規程の準則 第 80 条 2 より
26	テクスチャ	3次元コンピュータグラフィックスで、3次元のオブジェクトの表面に表示される模様。
27	土木モデルビュー定義	土木モデルビュー定義とは、IFC のデータを異なるソフト間で間違いなく読み書きできるようにするための技術文書である。CIM 導入ガイドライン(案)の運用に際してデータ交換を確実にを行うために用いる。2017年3月31日に bSJ が公開しており、対象は IFC2x3 による土工以外の土木構造物の CIM モデルの形状の交換である。主にベンダーがこの技術文書を用いて、IFC をソフトに実装するために参照する。ユーザは同定義へのソフトの対応状況を参考に、ソフトを選定・利用することができる。
28	パネルダイアグラム	3次元地盤モデル(サーフェスモデル、ソリッドモデル)に任意に設定した断面線で切り出した断面図(パネル)群であって、形状情報(オブジェクト型)と地質情報等を付加した属性情報から構成される。
29	ボクセル	2次元の画像の最小単位をピクセルと呼ぶのに対し、3次元座標上に取り入れた最小単位をボクセル(voxel)と呼ぶ。多くの3次元CGソフトウェアで採用されている、物体の表面のみを表現したサーフェスに対して、ボクセルモデルは物体の表面と中身を表現する手法である。
30	ワイヤーフレーム	物体を線分のみによって表現する手法である。ただし、物体の表面や中身の情報を持たないことから、干渉チェックや数量算出等ができないため、CIM では、通常、用いられない。

2章 測量

2.1 設計に求められる地形モデル（精度等）

(1) 様々な地形モデルの作成手法

昨今、測量技術は、面的な点群データ計測の台頭により、従来、点・線で地形を表現していた時代から、面で取得する、更に2次元から3次元で取得する時代に遷移しつつある。面で取得する手法は、広い範囲を均一な成果で、効率的に取得する目的がある。一方、点・線で取得する方法は、基本的には、ごく限られた範囲を密に高精度で取得することが目的となっている。

CIMの中で用いる地形モデルの構築（面計測）に際しては、様々な測量手法の中から事業目的に見合う精度を求めて、最適な手法の選択、またこれらの組み合わせ手法を採用することが重要となる。

1) 地形モデルの計測手法の守備範囲と特徴

地形モデルの計測手法については、その方式の違い、撮影高度の違い等から、1回の計測、撮影等により行われる際の、計測精度、面的な密度及び計測可能範囲に違いがある。更に、走行・飛行等に伴う燃料やバッテリー、経済性等の制約により、次の様な守備範囲と特徴を持つ。

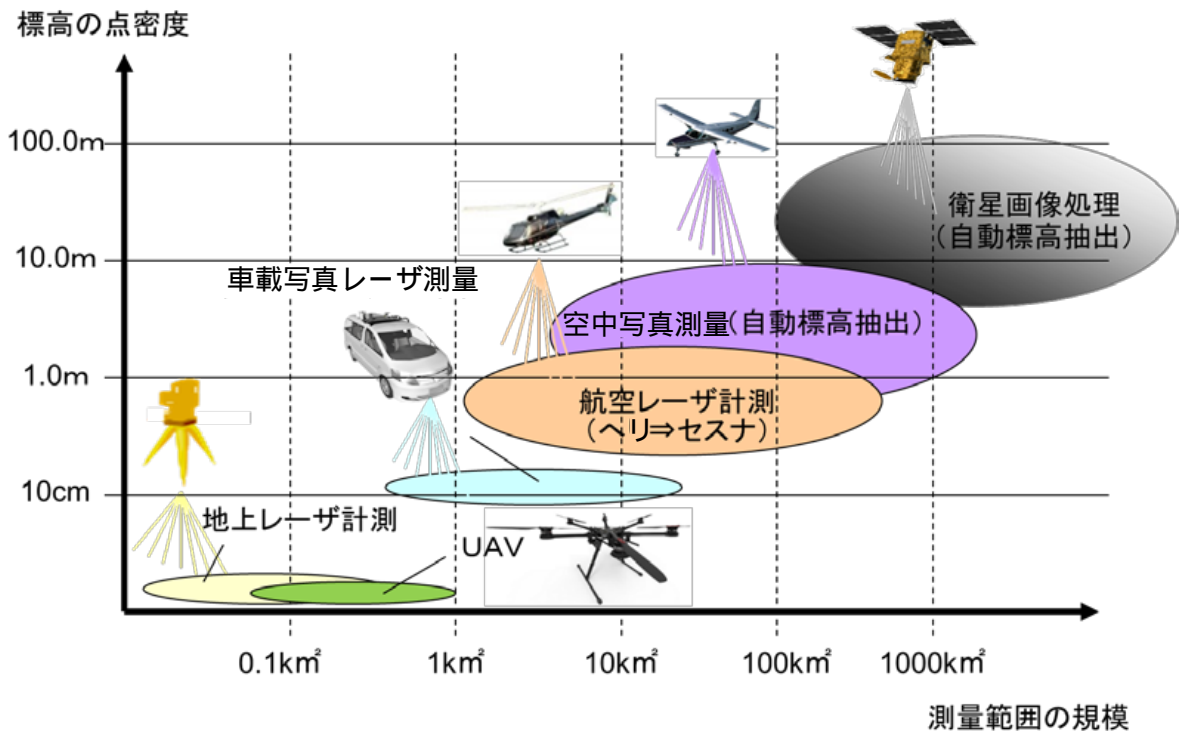


図 33 3次元の面的な計測手法の点密度と守備範囲

出典：CIM 技術検討会 平成 26 年度報告（CIM 技術検討会）

表 9 地形モデル計測手法の特徴

地形モデル計測手法		適応性/点密度	計測制限等の特記事項
地上レーザ測量		局地的範囲に対応 点密度 2～5cm	現地に立ち入れない区域は計測できないが、急傾斜地を対象にした河川対岸部は、データ取得可能。
UAV	写真測量	局地的範囲に対応 点密度 1～2cm	橋梁下部工など高架橋下も計測可能。 強風時は計測成果に影響が出る。また、太陽光の影響を受ける。 草木が存在し地面を撮影できない場合には、DSM ^{*1} のみでDTM ^{*2} は取得できない。
	レーザ測量	局地的範囲に対応 点密度 2～10cm	橋梁下部工など高架橋下も計測可能。 強風時は計測成果に影響が出る。 草木がある程度ある場合でも地面の計測が可能となり、DSM ^{*1} とDTM ^{*2} の双方の標高モデルが取得可能。
車載写真レーザ測量		路線計測範囲に対応 点密度 10cm 程度	道路周辺やトンネル内部は計測可能だが、道路沿いであっても建物、塀等にさえぎられる箇所のデータは取得できない。
航空レーザ測量		広域的範囲に対応 点密度 50cm～1m	高架橋下、トンネル内は取得できない。 DSM ^{*1} とDTM ^{*2} の双方の標高モデルが取得可能。
空中写真測量 (自動標高抽出)		広域的範囲に対応 点密度 50cm～1m	高架橋下、トンネル内は取得できない。 DSM ^{*1} のみでDTM ^{*2} は取得できない。
衛星画像処理		地球的範囲に対応 密度・精度は相応	高架橋下、トンネル内は取得できない。 DSM ^{*1} のみ。局所的な利用には不向き。

*1DSM (Digital Surface Model): 数値表層モデル (建物や樹木の高さを含んだ地表モデル)

*2DTM (Digital Terrain Model): 数値地形モデル (建物や樹木の高さを取り除いた地表モデル)

(2) 地形モデルを利用する際の留意点

1) 従来図面と地形モデルの違い

従来の各種設計の場合には、一般に概略設計では、空中写真測量により作成した 1/2,500～1/5,000 レベルの地形図を活用し、予備設計で 1/1,000 レベルの精度の地形図を利用していることが多い。詳細設計の段階では、実測による縦横断図を用いて幅杭設計や擁壁、法面等の計画を行い平面図に展開している。

CIM における道路設計の場合には、概略設計では、国土地理院基盤地図情報 (数値標高モデル) 等の既存の測量成果を使用し、地形モデルを作成する。予備設計 (B) ・詳細設計の段階では、面的な 3次元計測 (UAV 等を用いた公共測量) 又は実測により地図情報レベル 250～500 に対応する地形モデルを作成する。

2) 各工程における留意点

- ① 地形モデルは、各々の地形の属性を持たないので、周辺の地目や構造物情報が得られないため、地形図も必要となる。
- ② 詳細設計は、コントロールポイントとなる構造物のエッジ、土地の境界等の取得が必要な場合は、TS 等による補完測量を実施する。たとえば、木造など屋根が張り出している建物の場合、建物壁面位置を把握し、建物壁面にかかる、かからないで、補償費用に影響するなど、重要な用地幅決定の情報になるからである。また、道路改良詳細設計では精度の高い建物出入口の高さ、交差点部の水路底の高さ等が必要となる。

(3) 道路設計に求められる地形モデル（精度等）

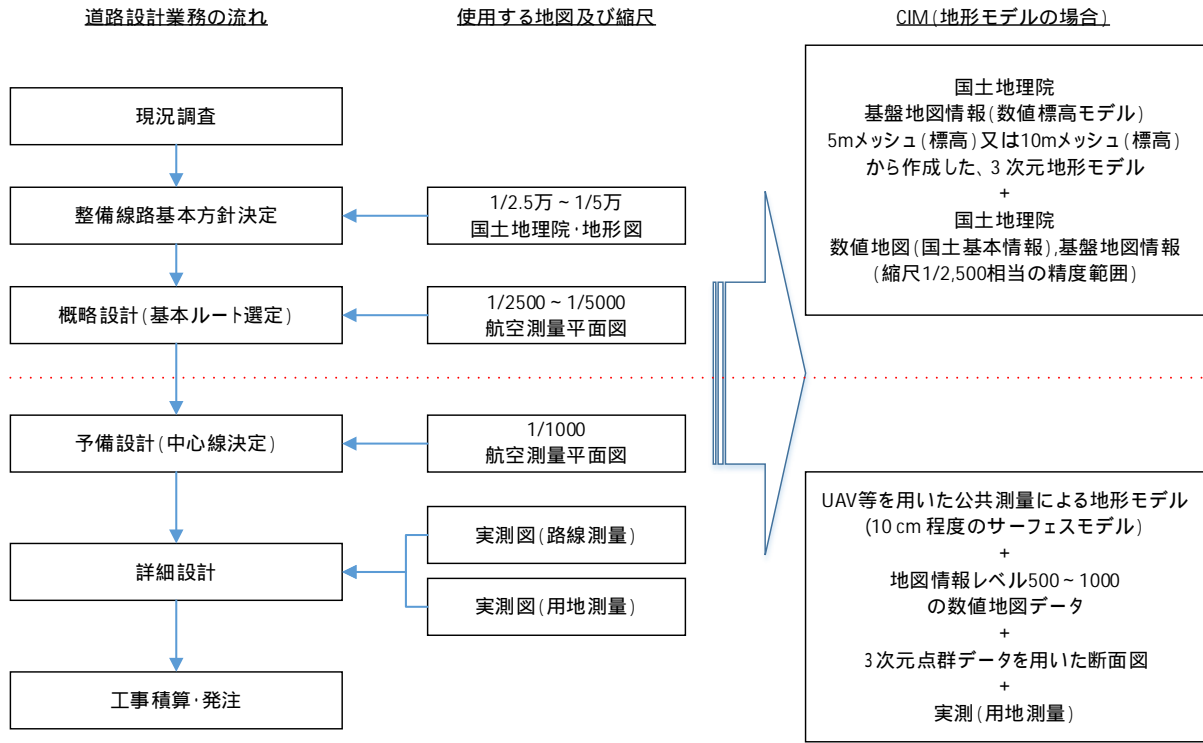
現況の 3 次元地形モデルの作成に当たって、設計目的に応じて、それぞれ設計者側の視点から精度に見合う測量方法がある。次に道路設計に用いる 3 次元地形モデルの作成指針を示す。

1) 業務フローでみる従来図面と地形モデルの違い

従来の道路設計の場合には、一般に概略設計は、空中写真測量により作成した 1/2,500 ~ 1/5,000 レベルの地形図を活用し、予備設計 (A)(B) で 1/1,000 レベルの精度の地形図を使用していることが多い。

詳細設計の段階では、実測による縦横断図を用いて幅杭設計並びに擁壁、法面等の計画を行い平面図に展開している。実測の成果を 1/1,000 平面に反映する場合には、手法による位置精度の違いから、ズレなどを人間が判断して編集しなければならない。(手間なので、実測成果を平面図に重ねただけの状態で使用しているケースが多い。)

すべての地形情報を TS 等による実測手法で行えば、設計上の要求精度は満たすことになるが、それではコスト面で折り合わなくなるため、高精度でなくてもよい地形・地物との棲み分けが必要となる。



予備設計には、実測による縦横断測量が必要ない場合(予備設計A)、実測による縦横断測量が必要な場合(予備設計B)の2通りがある。UAV写真測量及び地上レーザ測量により3次元点群データを取得している場合には、測量計画機関の承認を得られたならば、「3次元点群を使用した断面図作成マニュアル(案)平成29年3月」(国土交通省国土地理院)に沿った手法を用いることにより、実測による縦横断測量に替えることができる。

図 34 従来手法とCIMによる手法との比較(道路設計の場合の概要)

表 10 各工程に求められる従来測量成果と精度(道路設計の場合)(その1)

設計種別	測量データ	地図情報レベル(縮尺)	関係規定・ガイドライン	既成地図	摘要
道路概略設計	路線図	1:2,500 ~ 1:50,000	測量法第29条、第30条 設計業務等共通仕様書	電子国土基本図 地理院地図	計画延長や周辺地形の密度等を考慮して地図情報レベルを選択する。
	平面図	1:2,500 又は 1:5,000	設計業務等共通仕様書	-	
	縦断図	V=1:250,H=1:2,500 又は V=1:500,H=1:5,000	設計業務等共通仕様書	-	
	横断図	1:200 ~ 1:500	設計業務等共通仕様書	-	
道路予備設計(A)	路線図	1:2,500 ~ 1:50,000	測量法第29条、第30条 設計業務等共通仕様書	電子国土基本図 地理院地図	計画延長や周辺地形の密度等を考慮して地図情報レベルを選択する。
	平面図	1:1,000	公共測量作業規程 設計業務等共通仕様書	-	空中写真測量 航空レーザ測量
	縦断図	V=1:100 ~ 200 H=1:1,000	設計業務等共通仕様書	-	
	横断図	1:100 又は 1:200	設計業務等共通仕様書	-	
	点群データ	1:500 ~ 1,000	公共測量作業規程	-	空中写真測量 航空レーザ測量

表 11 各工程に求められる従来測量成果と精度（道路設計の場合）（その2）

設計種別	測量データ	地図情報レベル (縮尺)	関係規定・ガイドライン	既成地図	摘要
道路 予備 設計 (B)	路線図	1:2,500 ~ 1:50,000	測量法第 29 条、第 30 条 設計業務等共通仕様書	電子国土基本図 地理院地図	計画延長や周辺地形の密度等を考慮して地図情報レベルを選択する。
	平面図	1:1,000	公共測量作業規程 UAV を用いた公共測量マニュアル(案) UAV 搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル(案) 地上レーザを用いた公共測量マニュアル(案) 設計業務等共通仕様書	-	TS 測量 UAV 写真測量 UAV レーザ測量 地上レーザ測量 車載写真レーザ測量 航空レーザ測量 空中写真測量
	縦断面図	V=1:100 ~ 200 H=1:1,000	公共測量作業規程 UAV を用いた公共測量マニュアル(案) UAV 搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル(案) 地上レーザを用いた公共測量マニュアル(案) 3 次元点群を使用した断面図作成マニュアル(案) 設計業務等共通仕様書	-	TS 測量 UAV 写真測量 UAV レーザ測量 地上レーザ測量 車載写真レーザ測量 航空レーザ測量 空中写真測量
	横断面図	1:100 又は 1:200	公共測量作業規程 UAV を用いた公共測量マニュアル(案) UAV 搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル(案) 地上レーザを用いた公共測量マニュアル(案) 3 次元点群を使用した断面図作成マニュアル(案) 設計業務等共通仕様書	-	TS 測量 UAV 写真測量 UAV レーザ測量 地上レーザ測量 車載写真レーザ測量 航空レーザ測量 空中写真測量
	点群データ	1:250 ~ 500	公共測量作業規程 UAV を用いた公共測量マニュアル(案) UAV 搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル(案) 地上レーザを用いた公共測量マニュアル(案) 設計業務等共通仕様書	-	UAV 写真測量 UAV レーザ測量 地上レーザ測量 車載写真レーザ測量 航空レーザ測量 空中写真測量

表 12 各工程に求められる従来測量成果と精度（道路設計の場合）（その3）

設計種別	測量データ	地図情報レベル (縮尺)	関係規定・ガイドライン	既成地図	摘要
詳細設計	路線図	1:2,500 ~ 1:50,000	測量法第 29 条、第 30 条	電子国土基本図 地理院地図	計画延長や周辺地形の密度等を考慮して地図情報レベルを選択する。
	平面図	1:500 又は 1:1,000	公共測量作業規程 UAV を用いた公共測量マニュアル(案) UAV 搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル(案) 地上レーザを用いた公共測量マニュアル(案) 地上レーザを用いた公共測量マニュアル(案)	-	TS 測量 UAV 写真測量 UAV レーザ測量 地上レーザ測量 車載写真レーザ測量 航空レーザ測量 空中写真測量
	縦断図	V=1:200, H=1:1,000 又は V=1:100, H=1:500	公共測量作業規程 地上レーザを用いた公共測量マニュアル(案) UAV 搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル(案) 地上レーザを用いた公共測量マニュアル(案) 3 次元点群を使用した断面図作成マニュアル(案) ()	-	TS 測量 UAV 写真測量 UAV レーザ測量 地上レーザ測量 車載写真レーザ測量 航空レーザ測量 空中写真測量
	横断図	1:100 又は 1:200	公共測量作業規程 UAV を用いた公共測量マニュアル(案) UAV 搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル(案) 地上レーザを用いた公共測量マニュアル(案) 3 次元点群を使用した断面図作成マニュアル(案) ()	-	TS 測量 UAV 写真測量 UAV レーザ測量 地上レーザ測量 車載写真レーザ測量 航空レーザ測量 空中写真測量
	点群データ	1:250 ~ 500	公共測量作業規程 UAV を用いた公共測量マニュアル(案) UAV 搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル(案) 地上レーザを用いた公共測量マニュアル(案)	-	UAV 写真測量 UAV レーザ測量 地上レーザ測量 車載写真レーザ測量 航空レーザ測量 空中写真測量

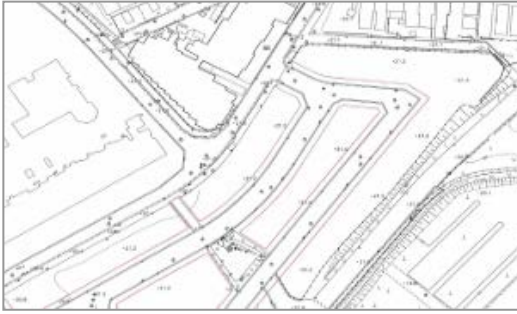
() 「3 次元点群を使用した断面図作成マニュアル(案) 平成 29 年 3 月」(国土交通省国土地理院) については、UAV 写真測量及び地上レーザ測量による手法のみを対応しているが、その他手法に関しては、3 次元点群データの密度・測量精度の違いから適用範囲外となっている。

2) 各工程での測量手法の選択における注意点等

各工程で各測量手法や地形モデル等を利用する際の注意点等を次に列挙する。

- 1 概略設計は、既存の3次元測量成果（アーカイブ）を使用することで実務上は問題ない。
- 1 地形モデルは、各々の地物の属性を持たないので、地目や構造物情報を知るべきがない。必然的に2次元の地形図、若しくは地物によるサーフェスモデル、ソリッドモデル等の別途3次元モデルによる補助が必要となる。
- 1 予備・詳細設計では、少なくとも精度的に地図情報レベル 500～1000 に対応する3次元地形モデルが必要になる。道路部以外の周辺地形も同等レベルの精度が必要となる。
- 1 詳細設計では、地形モデルのほかにコントロールポイントとなる構造物のエッジや境界測量成果が必要となる。実測平面や実測横断面図が必要な理由は、たとえば、木造など屋根が張り出している建物の場合、実測で建物壁面位置を把握し、建物壁面にかかるか、かからないかで、補償費用に影響するなど、重要な用地幅決定の情報になるからである。航空測量による図化では建物壁面は取得することができないため、要求精度を満たす測量手法として、TS測量等を利用する。
- 1 道路設計の最終成果では、平面図に法面を展開して土量等の数量計算を行う。従来法では、実測による区間ピッチの横断測量成果を使用して、区間内の法面を推定していたため、精度が劣っていた。TSによる測線上の標高精度そのものは良いが、土量計算では、3次元地形モデル（レーザ計測成果など面的な点群データ）の方が全体的な精度が良いと考えられる。

地図データ（拡張 DM データ）



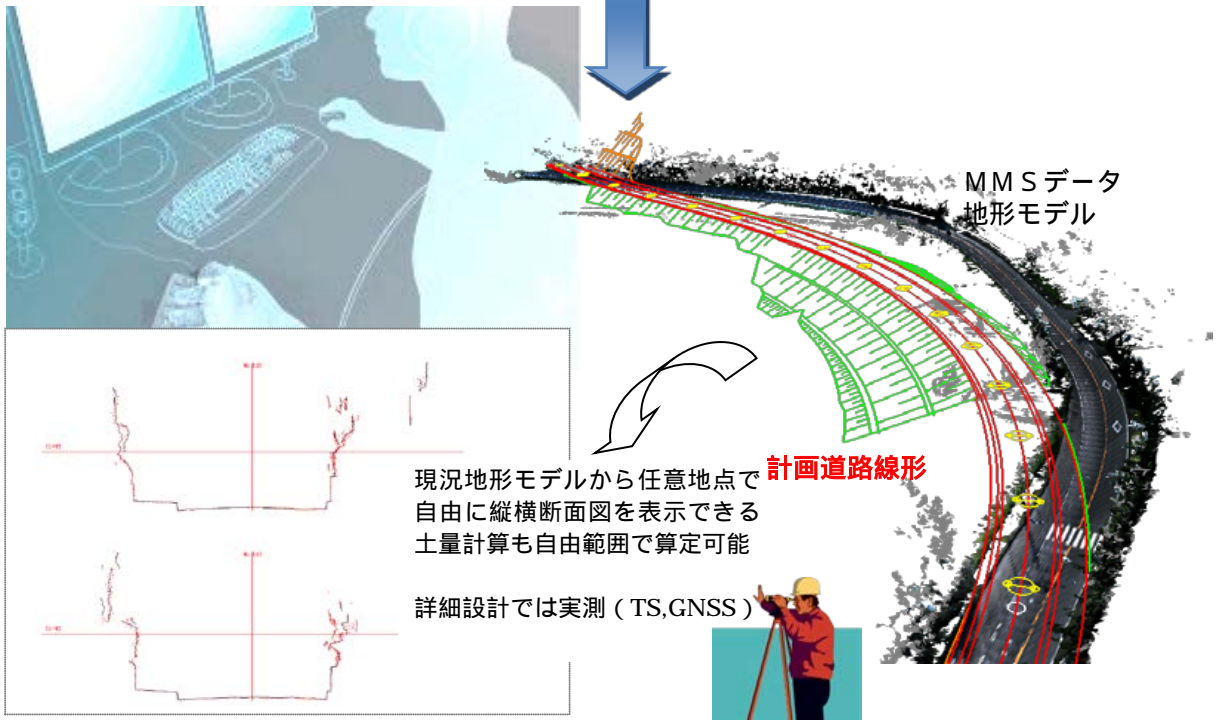
地図データは、地物の識別ができれば良いので、最新時点のものでなくて良い。既往成果（道路台帳付図）や国土地理院のアーカイブデータ（数値地図（国土基本情報）や基盤地図情報）などで、代用できる。

レーザ計測（MMS）データ



レーザ成果は、10cm 程度のメッシュデータから作成した 3 次元モデルとする。測量手法は問わないが、道路設計の場合の現況道路データは、車載写真レーザ測量データを活用する。周囲の地形情報は、同等のメッシュ密度で補完できる手法（たとえばヘリコプターなどの回転翼によるレーザ測量）を採用する。精度を必要としない場合は、国土地理院のアーカイブデータ（基盤地図情報（数値標高モデル）5m メッシュ（標高）など）で補完する。

設計 CAD で
一元的に
参照可能



地形図・地質図、縦横断勾配を参照しながら、中心線決定、工事に必要な縦横断設計及び小構造物の設計を行う。用地測量は、TS 手法により実測で行う。

図 35 3次元地形モデルを活用した道路の予備・詳細設計のイメージ

出典：CIM 技術検討会 平成 26 年度報告（CIM 技術検討会）

(4) 他の分野で求められる地形モデル（精度等）

他の分野で求められる地形モデルの精度等については、該当する分野編を参照。

2.2 地形モデルの作成手順

CIM で用いる地形モデルを作成するには、局所的な測量に適する TS による測量手法では経済的に不利であるため、面的な 3 次元データの取得が可能な計測手法が利用される。現在、主に利用されている手法として、2 箇所以上から撮影した写真（ステレオ写真という）から地物の 3 次元の形を計測する「写真測量」手法と、レーザー測距装置を利用した「レーザ測量」が存在する。

2.2.1 写真測量

「写真測量」は、有人航空機や UAV 等から撮影した写真を使用して、地理・地形情報を精密に抽出する技術である。

一般的には、有人航空機にて飛行コースに沿って地表の垂直写真を 60%～80% ずつ重複させながら撮影した航空写真と地上の位置関係を詳細に求め、写真上での像の違いを立体的にかつ精密に測定することによって正確な 3 次元計測、地形図作成ができる。

「写真測量」は、撮影位置によって空中写真と地上写真に大きく分けられる。CIM で用いる地形データを作成するため主に、空中写真を用いる。18 世紀より存在する技術であり基本的な方法は現在でも変わらないが、使用するハードウェアやソフトウェアについては技術的に大幅に進歩している。

フィルムカメラを用いていたものが現在では高解像度のデジタルカメラに変わり、アナログの高度計等を用いていたものが、現在では GNSS¹/IMU² が用いられる等、撮影精度の向上や作成時間の短縮に貢献している。

- 1 詳細は、「2.4 (7) GNSS (Global Navigation Satellite System / 全球測位衛星システム)」を参照。
- 2 詳細は、「2.4 (9) IMU (Inertial Measurement Unit / 慣性計測装置)」を参照。

空中写真を用いた一般的に使用可能な手法として、現在では「空中写真測量」「UAV を用いた空中写真による 3 次元点群測量」等が存在する。

「空中写真測量」による数値地形図データ作成の工程別作業区分及び順序は、公共測量作業規程で定義され、数値地形図データファイルを作成するものである。

しかし、「UAV を用いた空中写真による 3 次元点群測量」では、処理の仕方は大きく異なる。同時調整、数値地形モデルの作成、正射変換、モザイクといった一連の工程は、3 次元形状復元という一工程に集約され、かつ 3 次元形状復元は自動処理により行うことを前提としている。

3 次元形状復元は、空中写真から SfM (Structure from Motion) により特徴点を抽出して撮影状態を求めるとともに、撮影状態に基づき MVS (Multi View Stereo) により空中写真から高密度に 3 次元点群を抽出し、3 次元形状を復元するものである。

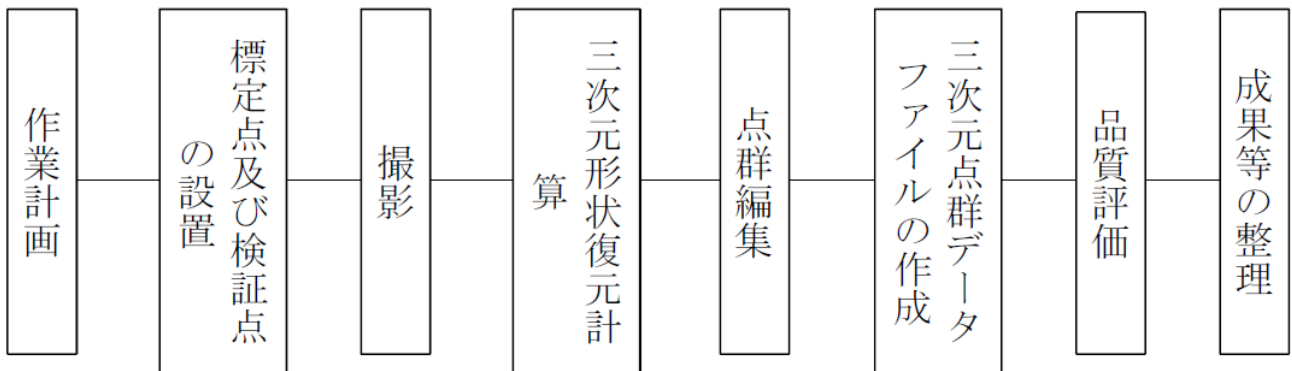


図 36 UAV を用いた空中写真による 3 次元点群測量における工程別作業区分及び順序

出典：「UAV を用いた公共測量マニュアル（案）平成 29 年 3 月」（国土交通省）

「UAV を用いた空中写真による 3 次元点群測量」では、点群編集の過程で作成されるグラウンドデータを変換することで、サーフェスモデル（TIN データ）や、一定の格子間隔で地形の形状を示す DEM データを作成することができる。また、サーフェスモデルに撮影した空中写真画像を貼り付けることで、写真地図（3 次元オルソ画像）を作成することもできる。

2.2.2 レーザ測量

「レーザ測量」とは、レーザースキャナーから、短時間で大量に照射されたレーザーの反射波を計測することで、地物の位置を面的に計測する技術である。面的な3次元点群データを作成できる。地上、航空機、車両、UAV等に設置して利用することで、CIMに利用する地形データを作成するための面的な3次元点群測量が可能である。

レーザーで距離を計測するには、発射したレーザー光線が対象の地物に反射して戻ってくるまでの時間を測定し距離に換算する方式や、複数の周波数のレーザー光線を同時に照射して、その反射波のそれぞれの位相を測定して距離に換算する方式がある。更に、レーザーの発射した位置と照射角度により、地物の座標を算出する。

有人航空機にレーザースキャナーを搭載して測量を行う「航空レーザ測量」は、航空レーザ測量システムを用いて地形を計測し、格子状の標高データである数値標高モデル（以降、「グリッドデータ」という。）等の数値地形図データファイルを作成する作業をいう。

航空レーザ測量システムのGNSS/IMU装置による位置姿勢解析結果とレーザー計測の距離データを統合して、3次元点群データが生成される。

必要に応じて3次元点群データからグリッド形式、テキスト付きの不整3角網（TIN; Triangulated Irregular Network）を作成する。

ノイズ除去

レーザー計測点は、空中の雲や塵等で反射や、建物や樹木に乱反射するなど、データ精度に影響する「ノイズデータ」を含んでいる。

まず、ノイズを除去し、3次元計測データを作成する。

周囲の地形データに対して異常に標高が高い又は低い点を処理ソフトにて除去する。

オリジナルデータの作成

3次元計測データから、既知点の座標を用いて点検・調整し、計測時の誤差を除去した「オリジナルデータ」を作成する。

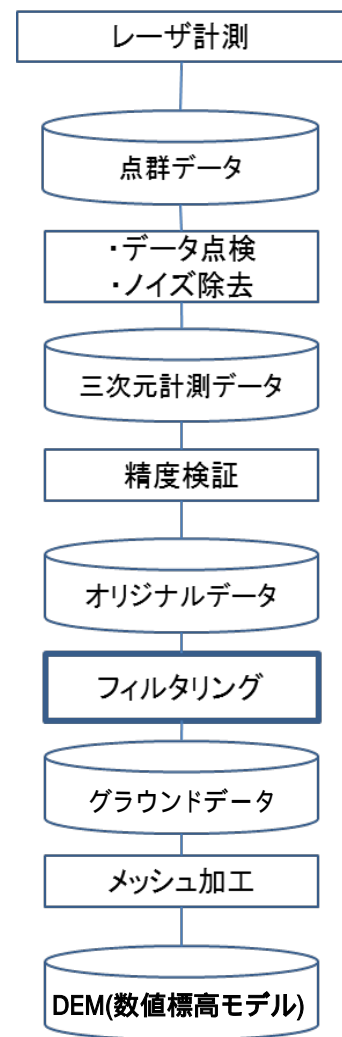


図 37 地形データの作成フロー

フィルタリング

「オリジナルデータ」から、建物 / 構造物、樹木 / 植生の高さデータも除去する必要があるため、この「ふるいわけ作業」である「フィルタリング」を行い、「グラウンドデータ」を得る。

地表面のデータを統計的に解析し、コンピュータによる自動処理のフィルタリングを行う。しかし、一回の自動処理では除去しきれないので、写真画像（オルソフォト）や陰影図と自動処理結果による等高線図などの重ね合わせ確認を行って不具合をチェックし、手動による修正作業を行う。

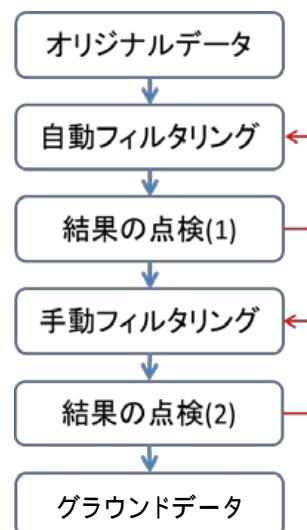


図 38 フィルタリングフロー

表 13 フィルタリング対象項目（参考）

交通施設	道路施設等	道路橋（長さ 5m 以上） 高架橋。横断歩道橋照明灯、信号灯、道路情報板等
	鉄道施設	鉄道橋（長さ 5m 以上） 高架橋（モノレールの高架橋含む） 跨線橋、プラットフォーム、プラットフォーム上屋、架線支柱、信号灯支柱
	移動体	駐車車両、鉄道車両、船舶
建物等	建物及び 付属施設等	一般住宅、工場、倉庫、公共施設、駅舎、無壁舎、温室、ビニールハウス、競技場のスタンド、門、プール（土台部分含む）、へい
小物体	-	記念碑、鳥居、貯水槽、肥料槽、給水塔、起重機、煙突、高塔、電波塔、灯台、灯標、輸送管（地上、空間）、送電線
水部等	水部に関する 構造物	浮き桟橋、水位観測施設、河川表示板
植生	-	樹木、竹林、生垣 地表面として、判断できる部分は可能な限り採用する。
その他	その他	大規模な改変工事中の地域（地表面として、ほぼ恒久的であると判断できるものは採用する。） 地下鉄工事等の開削部、資材置場等の材料、資材

出典：「公共測量作業規程 平成 28 年 3 月」（国土交通省）

航空レーザ測量データの精度

航空レーザ測量による標高精度は、システム自体がもつ計測精度のほか、計測密度や地形条件、GNSS（衛星の数・配置、電離層状態等）IMU 姿勢等の精度を統合した結果、平坦な地形において、±15cm に入ることが検証されている。ただし、植生に覆われている等の条件下ではこの限りでない。

よって、これ以上の精度を要求する場合は、TS による現地測量 / 実測による縦・横断測量等の他の方法や精度の高い方法と組み合わせを行うものとする。

2.3 CIM モデルに利用するための測量方法

2.3.1 CIM モデルに利用するための 3 次元測量手法の利用の考え方

CIM で用いる地形モデルを新たに作成するためには、面的に 3 次元計測する測量手法が用いられる。面的に 3 次元計測する測量手法は複数種類の手法が存在するが、各測量手法は、得手不得手があることから、目的に応じて測量手法の使い分けや、組合せが必要である。

また、最新の計測技術や計測機器の技術開発の動向、活用実績、要領や基準の整備状況を把握し、積極的に採用することで、計測作業の効率化や計測精度向上をはかることが重要である。

CIM で用いる地形モデルを作成するための面的に 3 次元計測する測量手法は、大きくレーザー計測技術を利用した手法と、写真測量を利用した手法に分類される。

写真測量手法は、旧来より存在する有人航空機に設置したカメラを利用した「空中写真測量」と、UAV（無人航空機）にカメラを搭載した「UAV を用いた公共測量」() 等が存在する。

レーザー計測技術を利用した手法としては、レーザー測距器とカメラを有人航空機に搭載した「航空レーザ測量」、レーザー測距器とカメラを車両に搭載した「車載写真レーザ測量」、レーザー測距器を UAV に搭載した「UAV レーザ測量」()、レーザー測距器を地上に設置して計測する「地上レーザ測量」() 等に区分される。

各測量手法は、位置精度、点群密度、経済性、樹木伐採の必要性等、得手不得手があることから、目的に応じて測量手法の使い分けや、組合せが必要である。また、面的な 3 次元計測手法では、コントロールポイントとなる境界線、構造物のエッジ等でピンポイントでの測量には向かないため、従来からの存在する TS 手法等を組み合わせる考慮も必要である。

最新の計測技術や計測機器の技術開発の動向、活用実績、要領や基準の整備状況を把握し、積極的に採用することで、計測作業の効率化や計測精度向上をはかることが重要である。

() 本ガイドライン策定時点では、「UAV を用いた公共測量」「UAV 搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル(案)」「地上レーザスキャナを用いた公共測量」について、「公共測量作業規程」に記述が存在しない。新たな測量技術を含め、「公共測量作業規程」に規定されない測量手法を用いる場合には、「公共測量作業規程」第 17 条の特例規定による条件を満たせば、実施可能である。なお、国土地理院が「マニュアル」を整備している場合には、この規定の「精度確認資料」として利用可能である。

2.3.2 車載写真レーザ測量

車載写真レーザ測量は、車両にレーザースキャナー、カメラ等を搭載し、連続的に位置、姿勢を計測することによって、道路周辺の正確な3次元情報（座標点群）と、これに重なる映像情報を同時に取得することができる測量である。

CIM 事業では、道路改良、補修工事等の自走可能な場合は関係者との合意形成資料に用いるための3次元地形データの取得に適している。また詳細設計に用いる高精度の地形測量に活用できる計測手法として期待が高い。また、工事後の完成図書を作成するための3次元計測、維持管理面で日常の構造物点検・巡視に活用できる等の幅広い分野で採用されつつある。

(1) 主な特徴

車載写真レーザ測量における特徴を次に示す。

1) メリット

- ① 計測調査で交通規制を行う必要がない。
- ② トンネル内等の上空から計測できない部分に対しても有効。
- ③ 詳細設計でも使用できるデータ。（ただし、構造物のエッジ部分は実測手法で補完測量が必要）
- ④ 3次元鳥瞰図（色付き点群データ）を迅速に作成することができる。

2) デメリット

- ① 山間部のGNSS受信状況が悪い区域や未舗装道路は不向き。

3) 地形測量精度

L （距離）= 10m の場合で測距精度 = 約 10cm、取得点間隔 = 約 10cm。

距離が離れれば離れるほど、精度が落ち、点間距離が広がる。

道路を中心に片側 50m まで取得可能。

（「公共測量作業規程 平成 28 年 3 月」（国土交通省）では、地図情報レベル 500 及び 1000 を標準としている。）

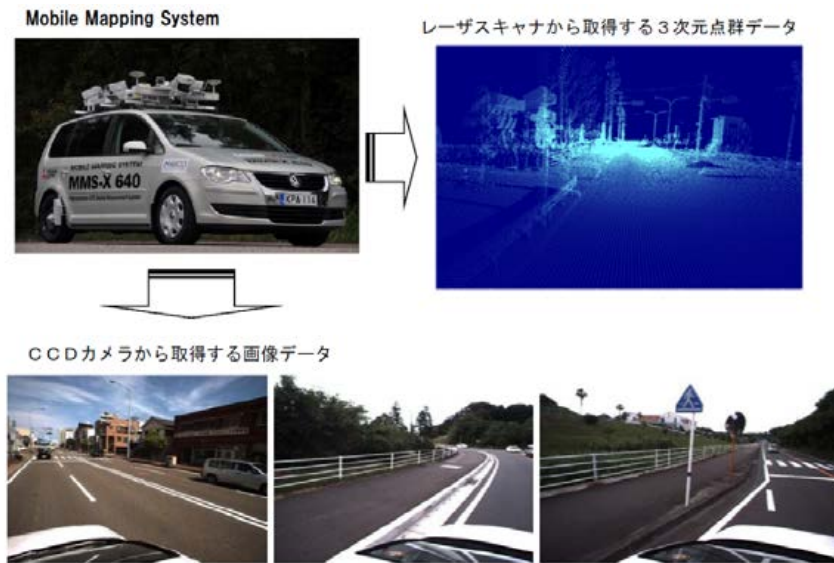


図 39 モービルマッピングシステム (MMS)

出典：CIM 技術検討会平成 26 年度報告 (CIM 技術検討会)

(2) 車載写真レーザ測量の活用事例

車載写真レーザ測量は、道路周辺構造物の把握や道路台帳附図 (道路基盤情報) の作成、災害状況を把握するため、様々な分野で実用的に活用されている。

次に、特に CIM の適用分野に関わりの深い活用事例を記載する。

1) 道路分野での活用

設計フェーズ

車載写真レーザ測量で取得した道路地形モデルから、車線ごとの縦断面図や任意地点における横断面図を作成することができる。また、道路中心線及び道路縁の抽出結果を利用して平面線形を復元し、復元した平面線形に縦断高を付与することで、道路改良設計等の基礎資料として活用できる。

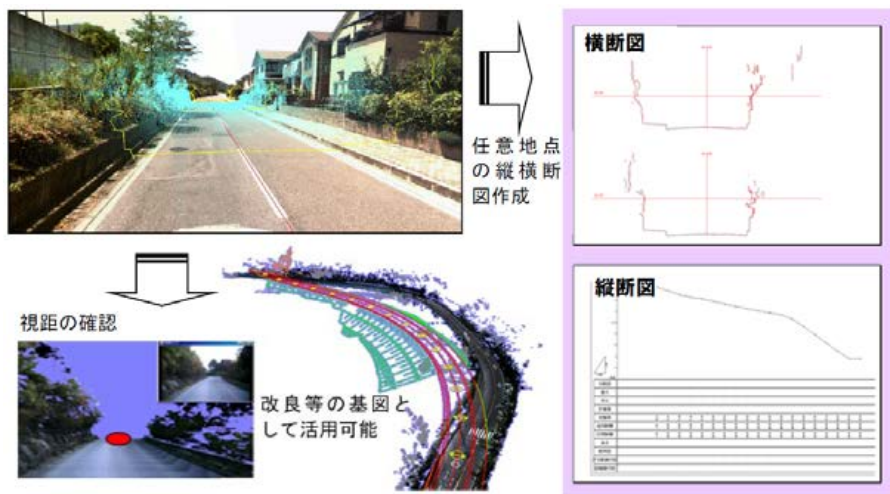


図 40 設計フェーズでの活用

出典：CIM 技術検討会平成 26 年度報告 (CIM 技術検討会)

維持管理フェーズ（トンネル点検）

交通量の多い路線では、車載写真レーザ測量を用いることにより、交通規制をかけることなくトンネル等の老朽化点検を行っている。レーザ点群からトンネルの断面を計測した結果と計画断面との凹凸量を比較することや、最少断面から必要な高さ・幅を計測できるので、特車通行許可等の管理業務に役立てることが期待できる。

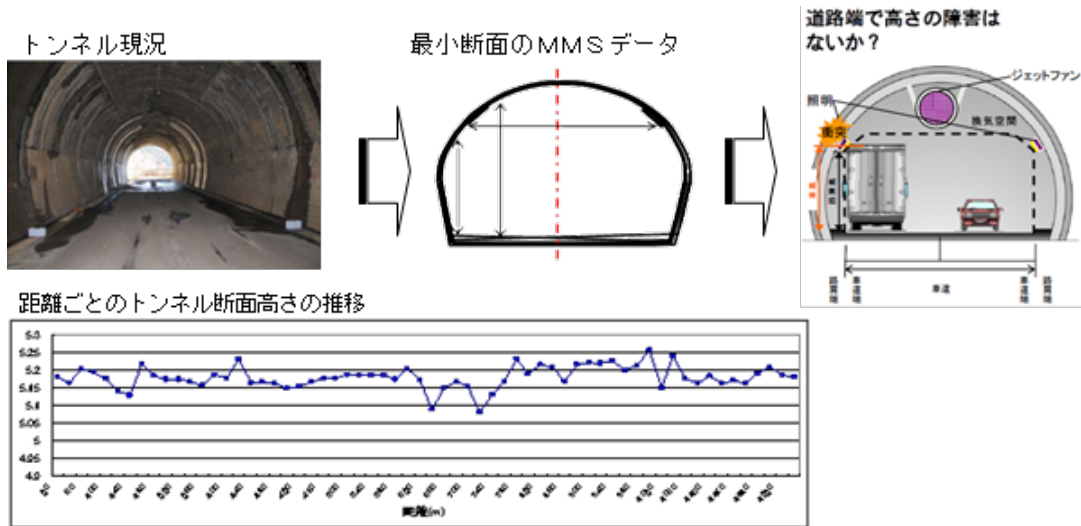


図 41 維持管理フェーズでの活用（トンネル点検）

出典：CIM 技術検討会平成 26 年度報告（CIM 技術検討会）

維持管理フェーズ（施設管理）

車載写真レーザ測量の位置情報付き画像データを用いて、道路施設（標識など）の正確な位置を把握し、GIS 上にプロットすることで施設台帳管理を行うことができる。

今後の継続的な点検作業において、点検漏れを防ぐ効果が高いと考えられる。

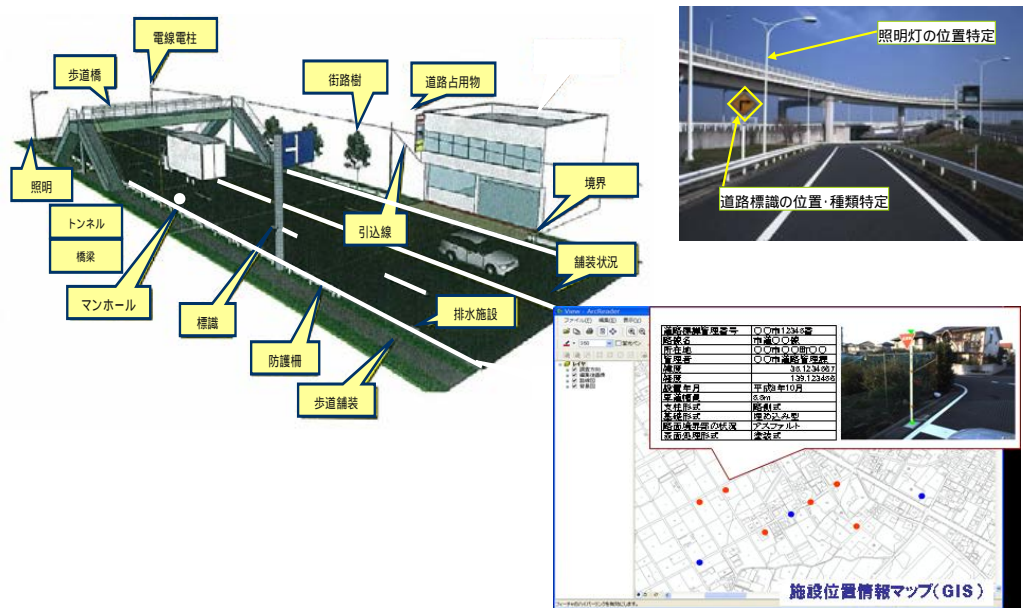


図 42 維持管理フェーズでの活用（施設管理）

出典：CIM 技術検討会平成 26 年度報告（CIM 技術検討会）

2) 河川分野での活用

河川堤防の点検分野で、車載写真レーザ測量を用いた需要が高まりつつある。河川の車載写真レーザ測量では、堤外地水部までレーザーが届く長距離タイプ(ロングレンジ:最大500mまで計測可能)のレーザー測距機と全周囲カメラを搭載したシステムが採用され、検証業務が実施されている。

任意箇所で作成できるほか、経年的にデータを蓄積することで、地形モデルの差分解析により堤防の変状を捉えることが可能である。

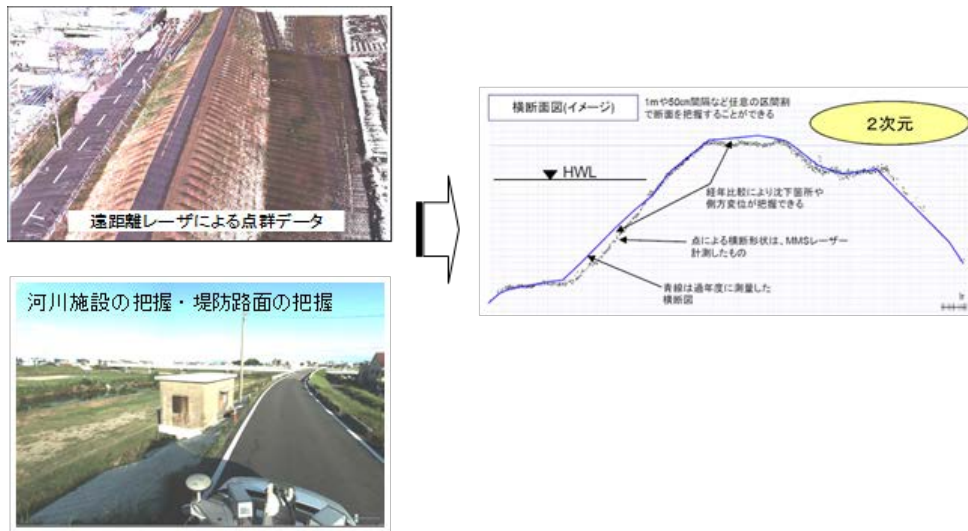


図 43 河川分野での活用

出典：CIM 技術検討会平成 26 年度報告（CIM 技術検討会）

(3) 車載写真レーザ測量データの整備状況

車載写真レーザ測量データの整備状況として、民間企業などでアーカイブとして、国道・高速道などの 3 次元データが整備され販売されている。



図 44 MMS アーカイブ整備状況

資料提供：株式会社パスコ

2.3.3 空中写真測量

「空中写真測量」とは、「航空写真測量」ともいわれる。有人の航空機から撮影した写真を使用して、広域の地理・地形情報を精密に抽出する技術である。

近年はデジタルによるマッピングが主流となり、紙地図への出力だけでなく、GISの基盤地図として大いに利活用されている。

一般的には、地表の垂直写真を飛行コースに沿って60%～80%ずつ重複させながら撮影した航空写真と地上の位置関係を詳細に求め、写真上での像の違いを立体的にかつ精密に測定することによって正確な3次元計測、地形図の作成が可能である。

(1) 主な特徴

空中写真測量の主な特徴を次に示す。

1) メリット

- ① 上空から計測するため、地上から立ち入れない区域のデータも取得できる。
- ② 上空で撮影を実施することにより、広範囲に計測を実施することが可能。

2) デメリット

- ① 上空から樹木や構造物などにより遮断される部分は取得できない。
- ② 地上付近より撮影する技術に比べ、測量精度が低い。

3) 地形測量精度

空中写真測量における基線長及び対地高度（撮影高度）により作成可能な地上解像度が異なり、地形測量精度は以下となる。

表 14 測量精度

地図情報レベル	水平位置の標準偏差	標高点の標準偏差	等高線の標準偏差
500	0.25m以内	0.25m以内	0.5m以内
1000	0.70m以内	0.33m以内	0.5m以内
2500	1.75m以内	0.66m以内	1.0m以内
5000	3.50m以内	1.66m以内	2.5m以内
10000	7.00m以内	3.33m以内	5.0m以内

出典：「公共測量作業規程 平成28年3月」（国土交通省）より整理

2.3.4 航空レーザ測量

航空レーザ測量は、航空機にレーザースキャナー、カメラ等を搭載して、空から面的に点群データ、写真画像を取得する手法。固定翼（セスナなど）に搭載した計測と回転翼（ヘリコプターなど）に搭載した計測の2種類に大別されている。

災害・防災分野、河川砂防分野、森林分野などで実用的に活用される。

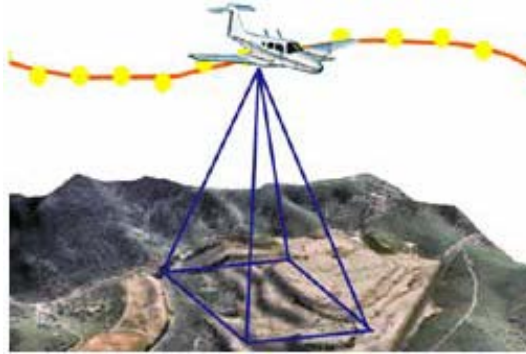


図 45 航空レーザ測量

(1) 主な特徴

航空レーザ測量の主な特徴を次に示す。

1) メリット

① 上空から計測するため、地上から立ち入れない区域のデータも取得できる。

2) デメリット

① 上空から構造物などにより遮断される部分は取得できない。（ただし、樹木下は、葉や枝の隙間をレーザーが通過することから、地表からの反射波を記録することができるため、フィルタリング処理により地表面を再現できる。なお、フィルタリング処理とは、地物表面から建物や橋などの人工構造物、樹木等の植生を取り除く処理である。）

3) 地形測量精度

標高精度は標準偏差で 25cm 以内。（機械精度は 15cm 程度）、水平精度は 30cm 程度。

内挿補間した後のメッシュデータは、メッシュ内に計測点があるかないかで精度区分が異なる。

（メッシュ内にある場合：0.3m 以内、ない場合：2.0m 以内）

4) 航空レーザ測量の取り組み

従来のレーザ計測機器は、レーザーパルスのラストリターンを地表面と想定していたため、森林、草地など植生が著しく繁茂した場所では、高精度な地形計測が困難であった。昨今では、地表面からの微弱な反射強度をより深く記録できる方式（波形記録方式）により地形計測（フィルタリング作業）の高精度化が図られている。

2.3.5 地上レーザ測量

地上レーザ測量は、地上でレーザースキャナーを用いて3次元点群データを取得する手法である。一般的に近距離タイプと長距離タイプの2種類がある。CIMの中では、施工前の起工測量、土量の出来高管理(平均断面法ではない正確なボリューム計算)に有効とされている。公共測量を行うために利用する「地上レーザスキャナーを用いた公共測量マニュアル(案)平成30年3月」が公表されている。



図 46 地上レーザ測量

(1) 主な特徴

地上レーザ測量の主な特徴を次に示す。

1) メリット

- ・ 機器性能の向上により、照射距離が500m以内の場合、2~3cm程度の位置精度(地図情報レベル250)が得られるようになってきた。
- ・ 計測の準備作業が軽減でき、また計測時間も短いために測量作業が大幅に効率化する。
- ・ 測量結果を3次元CADで処理することにより、鳥瞰図や縦断図・横断図など、ユーザの必要なデータが抽出できる。

2) デメリット

- ① 計測箇所をピンポイントに計測できない。
- ① 取得データの計測密度にばらつきがある。
- ① 機材設置の移動が多くなると、その都度、標定点の計測が必要となるため非効率になる場合がある。

3) 地形測量精度

「地上レーザスキャナーを用いた公共測量マニュアル(案)平成30年3月」(国土交通省国土地理院)に準じて測量を実施する場合は、数値地形図データの地図情報レベル250及び500を標準としている。

表 15 測量精度

地図情報レベル	水平位置の標準偏差	標高点の標準偏差	等高線の標準偏差
250	0.12m 以内	0.25m 以内	0.5m 以内
500	0.25m 以内	0.25m 以内	0.5m 以内

出典：地上レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル（案）平成 30 年 3 月（国土交通省国土地理院）

3 次元点群データ作成では局地的な範囲での相対的な関係を意識した測量を、それぞれ行うことになり、求められる位置精度の意味や許容範囲の値は異なってくる

出来形管理用途として「地上型レーザスキャナを用いた出来形管理要領（土工編）（案）平成 29 年 3 月」（国土交通省）が策定されている。この中で、起工測量等では測定精度 10cm 以内を要求している。

4) 地上レーザ測量の取り組み

砂防分野では山腹工計画、溪流保全計画の詳細設計・施工の段階で、作業中の転落、危険を伴う場面に多く活用されている。

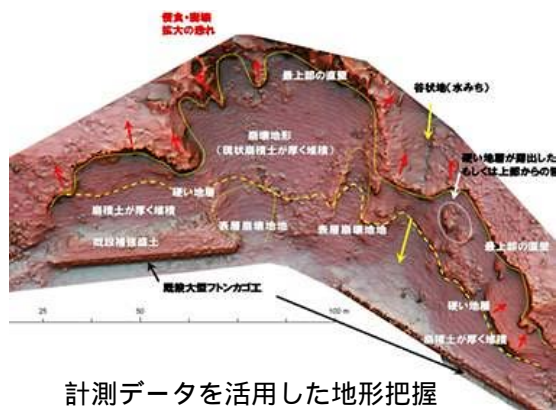


図 47 地上レーザ測量の活用範囲

出典：CIM 技術検討会平成 26 年度報告（CIM 技術検討会）

2.3.6 UAV を用いた空中写真による 3 次元点群測量

UAV（Unmanned Aerial Vehicle、無人航空機）は、社会インフラの維持管理（橋梁点検ほか）や災害調査（深層崩壊箇所、地すべり調査ほか）人の立ち入り禁止区域の調査（火山変動調査ほか）ICT 活用工事、環境調査など様々な目的に利用されるようになってきた。

このような状況下で、UAV に搭載された民生用デジタルカメラで撮影した空中写真を用いて測量を行うための、「UAV を用いた公共測量マニュアル（案）平成 29 年 3 月」（国土地理院）が公表された。

(1) 主な特徴

UAV を用いた空中写真測量による 3 次元点群測量の主な特徴を次に示す。

1) メリット

- ① 局地的な範囲の地図作成が得意である。
- ② 人が立ち入れない箇所でも、計測が可能。

2) デメリット

- ① UAV の落下に対する安全の確保が必要。
- ② 空中写真測量を基本とした技術のため、草木が存在している場合にはその下の地面を撮影できないため、標高を取得することができない。

3) 地形測量精度

作成する 3 次元点群の位置精度は、その目的に応じて設定し、それぞれの位置精度に必要な作業を行う。空中写真測量（無人航空機）を用いた出来形管理要領（土工編）（平成 28 年 3 月 国土交通省）の場合、位置精度 0.05m 以内の 3 次元点群は出来形管理に、位置精度 0.10m 以内の 3 次元点群は起工測量又は岩線計測に、位置精度 0.20m 以内の 3 次元点群は部分払い出来高計測にそれぞれ利用されている。

数値地形図を作成する場合の、地形測量精度については、地理情報レベル 250、500 を標準としている。

また、現状の 3 次元点群測量への UAV の適用状況を踏まえ、GNSS/IMU 装置は装備されていないものとして規定している。

表 16 測量精度【参考】

地図情報レベル	水平位置の標準偏差	標高点の標準偏差	等高線の標準偏差
250	0.12m 以内	0.25m 以内	0.5m 以内
500	0.25m 以内	0.25m 以内	0.5m 以内

出典：「UAV を用いた公共測量マニュアル（案）平成 29 年 3 月」（国土交通省）

4) UAV (Unmanned Aerial Vehicle 無人航空機) の活用例

UAV の種類には回転翼と固定翼があり、回転翼には 4 枚のプロペラ (クアッドコプター)・6 枚のプロペラ (ヘキサコプター)・8 枚のプロペラ (オクトコプター) を持つ機体があり、総称してマルチコプターと呼ばれている。近頃では、自律飛行できる機能を有した機体が増えている。



図 48 UAV (無人航空機) の活用状況

UAV の活用で CIM の維持管理フェーズにおいて期待されている事例に橋梁点検がある。活用の目的は、橋梁下部工の状況把握、劣化箇所の把握、コンクリートのひび割れを検知することにある。

「現場検証段階」であるが、UAV を活用することで、従来の橋梁点検車を用いた点検に比べ、大掛かりにならないため、橋梁点検車の稼働費用や人件費、また申請手続き (警察への届出等) などのコスト、時間を省くことができる。

通常カメラと赤外線カメラを搭載した点検業務の実施検証からは、ボルトの脱落や漏水によるコンクリート表面の色調の違いが確認できていることが分かっているものの、ひび割れについては、赤外線カメラ画像から通常カメラ画像で把握できる情報以上のことが判別できなかったと報告されている。

現段階で従来法よりも簡易に点検を行うことができるが、上記の課題や陰となる部分での光源の確保などに対して、更に点検業務に特化した UAV 技術の改良が進められている。

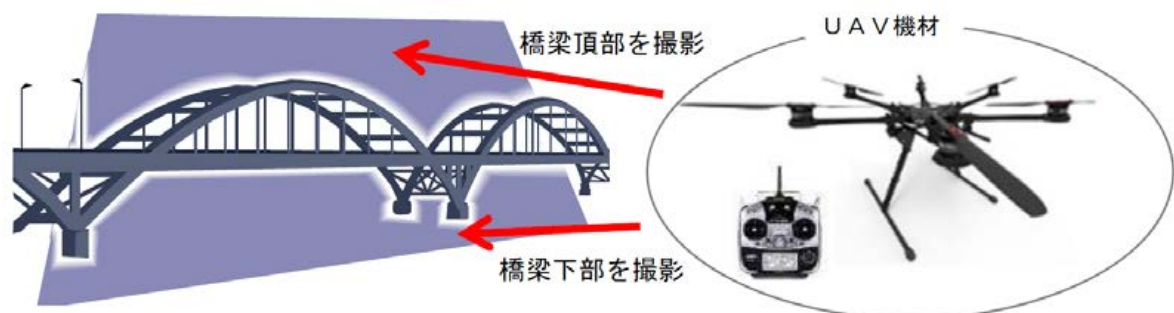


図 49 UAV を活用した橋梁点検のイメージ

調査フェーズの設計基図として用いる地形モデルの策定に関しては、「UAV を用いた公共測量マニュアル (案) 平成 29 年 3 月」(国土地理院) が策定された。出来形管理を行うために、「空中写

真測量（無人航空機）を用いた出来形管理要領（土工編）（案）平成 29 年 3 月」（国土交通省）、「空中写真測量（無人航空機）を用いた出来形管理の監督・検査要領（土工編）（案）平成 29 年 3 月」（国土交通省）が策定されている。

5) UAV（無人航空機）の安全にかかわる課題

昨今、急速に普及しつつある UAV 技術であるため、安全基準、運用基準の作成が急務となっていた。このため次の様な各種の法制、手引き等が整備された。

- ① 「測量調査に供する小型無人航空機を安全に運航するための手引き 2015 年 5 月 25 日」（一般社団法人 日本写真測量学会）
- ② 「航空法の一部を改正する法律」（平成 27 年 9 月）
- ③ 「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領」（平成 27 年 11 月）
- ④ 「無人航空機（ドローン、ラジコン機等）の安全な飛行のためのガイドライン」（国土交通省 航空局）
- ⑤ 「公共測量における UAV の使用に関する安全基準（案）平成 28 年 3 月」（国土交通省 国土地理院）

UAV 計測の安全リスクには、機体墜落の危険、バッテリー発火等の危険が指摘されている。UAV の重量は、軽量とはいえ 5kg 程度はあるので落下速度を加味すると、地上にあたる衝撃は相当なものとなる。万が一、人や民家に墜落すれば大事故になりかねない。

測量業に供する UAV を用いた測量・調査に限定したとしても多くの課題が存在し、主なものとして次が挙げられる。

表 17 UAV（マルチローター型）計測の安全にかかる課題

分類項目	課題の内容
使用機材の制限	使用機材の翼数と安全性は必ずしも比例しない。一般には翼数が多いほど安定性が高いと言われているが、暴走した場合の墜落場所が予測困難になるし、部品数が多くなり不良品や整備不良の可能性は高くなる。一方、4 枚だと不安定であるが、墜落するときは、管理ができる直下に落ちる。どちらにも一長一短があり、機材の翼数や制限重量について、基準を作る必要がある。
飛行体制、運航制限	航空法を遵守する中での飛行高度・飛行範囲、操縦者の資格、保安員を含めた飛行体制、機器の点検など実際の運行について基準を設ける必要がある。 また、UAV 飛行は低空飛行となるため、住宅地では、個人へのプライバシーの配慮や飛行中の騒音対策にも配慮する必要がある。
バッテリーの発火防止	バッテリーは、高い電圧を発生させることができる一方、可燃性電解質を使用しているので発火し易いという欠点がある。そのため UAV の利用ではバッテリー側か、機体側のどちらかに発火防止がとられていることを要求するとともに、墜落して発火した際の延焼を防ぐために機体に発信器を付けることを要求している。
保険加入・補償	万が一の事故に備え、保険や補償について一定の基準を示す必要がある。

2.3.7 UAV レーザ測量

「UAV レーザ測量」は、UAV にレーザースキャナーを搭載して、空中から面的に3次元で地形を計測する手法である。高精度に計測を実施するためにGNSS/IMUを搭載するものも存在する。
現在、本ガイドライン策定時点では各種機関で精度検証等を行っている状況である。

UAV（Unmanned Aerial Vehicle、無人航空機）は、社会インフラの維持管理（橋梁点検ほか）や災害調査（深層崩壊箇所、地すべり調査ほか）、人の立ち入り禁止区域の調査（火山変動調査ほか）、情報化施工、環境調査など様々な目的に利用されるようになってきた。

UAV レーザ測量は、新しい技術であることから精度検証等が不十分であり、またシステムとして高価となることから、本ガイドライン策定時点では本格的な普及には至っていない。

しかし、「UAV を用いた空中写真による3次元点群測量」にはない特徴を有することから実用化が進められている。

本ガイドラインの策定時点では、第17条の特例規定に使用出来る「UAV 搭載型レーザースキャナーを用いた公共測量マニュアル（案）」（国土地理院）が策定中である。

また、出来形管理用途では、「無人航空機搭載型レーザースキャナーを用いた出来形管理要領（土工編）（案）平成29年3月」（国土交通省）が公開されている。

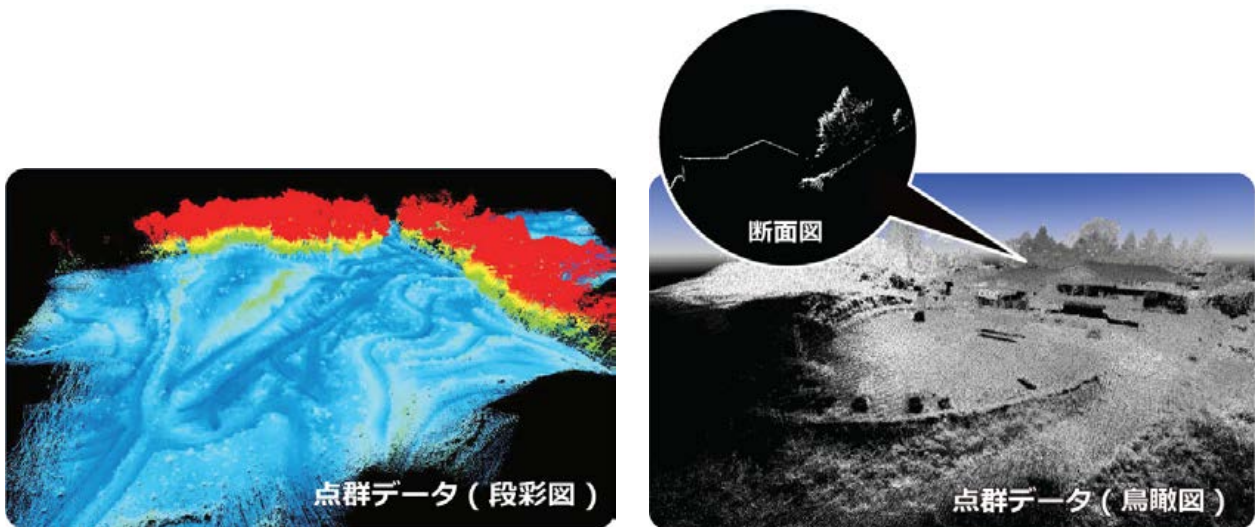


図 50 UAV レーザ測量を利用した点群データの表示イメージ

提供：アジア航測株式会社

(1) 主な特徴

UAV を用いたレーザ測量による3次元点群測量の主な特徴を次に示す。

1) メリット

- ① レーザを利用するため、フィルタリングと組み合わせることで樹木が存在する状況で、地面を計測可能。
- ② 十分な日照が得られない場合でも計測が可能。

- z 局地的な範囲の地図作成が得意である。
- z 人が立ち入れない箇所でも、計測が可能。

2) デメリット

- z レーザーが当たった箇所以外は、補間による値となる。
- z 取得データの計測密度にばらつきがある。
- z 強風や雨などの天候により計測できない。
- z 航空法等の規制により利用できない地域がある。

3) 地形測量精度

本ガイドライン策定時点で、各種機関で精度検証が行われているところである。

4) 使用例

使用例を次に列挙する。

- z 地形、渓谷のマッピング
- z 建設現場モニタリング 等

2.3.8 航空レーザ測深 (Airborne Laser Bathymetry : ALB)

航空レーザ測量の形態として、陸上の地形計測以外に水部の地形計測を実施する航空レーザ測深がある。航空機にレーザースキャナー（水部用には緑（グリーン）レーザー）を搭載して、空から水部内の面的な3次元点群データ、写真画像を取得する手法。固定翼（セスナなど）に搭載した計測と回転翼（ヘリコプターなど）に搭載した計測の2種類に大別されている。

海岸・海洋分野、河川分野などで実用的に活用されつつある。

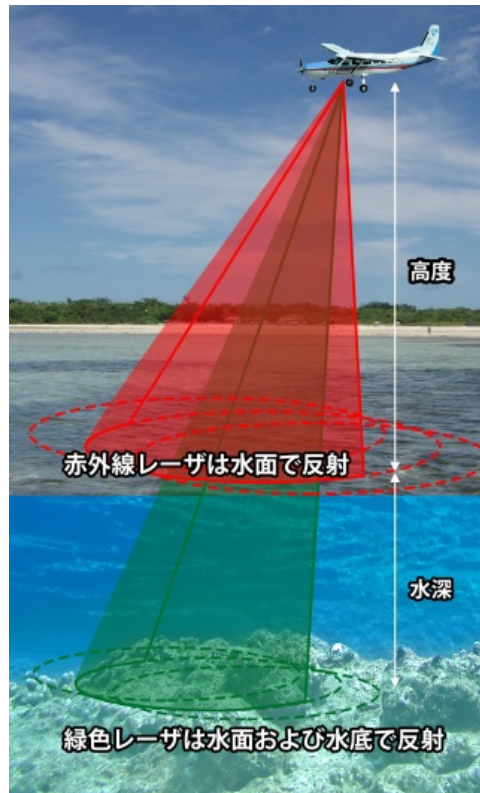


図 51 航空レーザ測深

(1) 主な特徴

航空レーザ測深の主な特徴を次に示す。

1) メリット

- ① 海域及び河川において、上空からの計測により水部内の面的な地形データを得ることができる。特に浅い水深域において船舶による計測ができない範囲の計測ができる。

2) デメリット

- ① 計測域における水質状況や波浪の影響により、データ欠測が起きることがある。

3) 地形測量精度

水部内の標高精度は標準偏差で 25cm 以内。

2.3.9 マルチビーム測深

近年の測量関連技術の飛躍的な発展のひとつとして、水底地形を 3 次元で計測できるマルチビーム音響測深がある。これにより、海岸、港湾、河川、ダム貯水池等の詳細な地形を把握する深淺測量が可能となっており、海岸保全、港湾維持管理、河床変動、ダム堆砂、施工管理、水産といった幅広い分野での計画・検討やモニタリングに利用されている。

【解説】

水中地形計測技術は、古くは目盛付の索に重りをつけた測定器（レッド索）を船から垂らし水深を読み取る基本的な方法であった。

20 世紀後半からは超音波を水底に向けて発信し、その反射時間から水深を計算する音響測深機（シングルビーム音響測深）が一般的となった。これは、測深点としては船舶直下の 1 点のみであるが、船舶が進行することで航跡直下の連続的な水深計測が行えるようになったものである。測定に当たっては、水温や塩分濃度による音速度補正、潮汐の干満による潮位補正等が必要となる。

近年は、超音波技術を発展的に利用したマルチビーム音響測深機が広く普及している。これは、超音波を扇状に発信し、1 回の音波発信で船舶の直下・左右で数百点の水深データが得られるもので、音波を発信しながら船舶が進行することで、航行した範囲の水底地形が面的に取得される機器となっている。測定に当たっては、音速度補正、潮位補正に加えて、計測時の船舶動揺・方位の補正、機器の取り付け位置・角度の補正等が必要となる。なお、マルチビームソナーに加えて、これらの補正データを取得する周辺機器類（GNSS、動揺・方位センサー、音速度計測装置、収録 PC 等）を含めた総称として「マルチビーム測深システム」という。

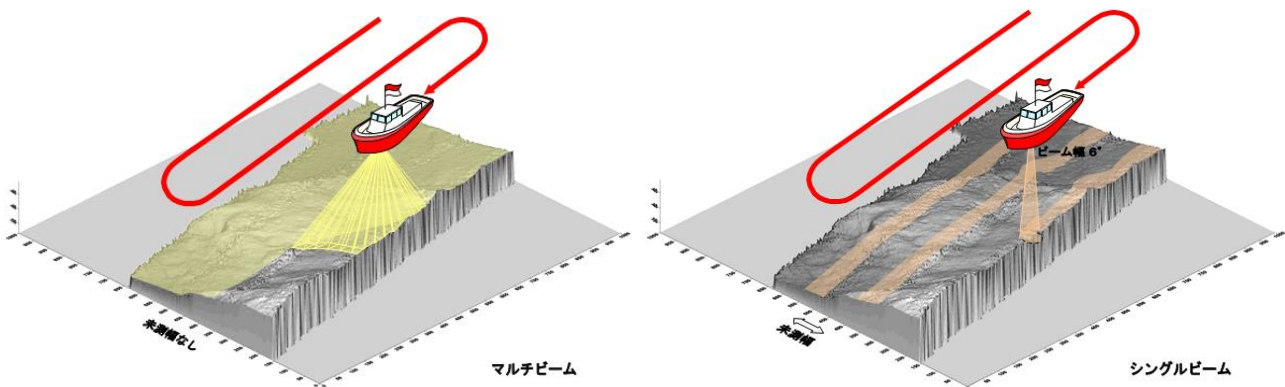


図 52 マルチビーム音響測深とシングルビーム音響測深

(1) 主な特徴

マルチビーム測深の主な特徴を次に示す。

1) メリット

- z 現在、水中地形を面的かつ正確に計測できる唯一の方法である。
- z 目的に応じた多様な機種ラインナップがあり、数メートルの浅所から数千メートルの深海までを網羅する。
- z 計測結果は一般的な点群データ (txt 形式、csv 形式等) として処理されるため、陸上部点群データとの合成により、水陸一体データとして活用可能である。
- z 水深が深いほど、作業効率は向上する。

2) デメリット

- z 水深が浅いほど、作業効率は低下する。
- z 測量船の進入困難な浅所 (概ね水深 3m 以浅) については、データ取得が困難である。
- z 音響特性上、扇状の超音波ビームの端部は精度が劣化する傾向にあり、このような事項を含めた取得データの質の評価は、十分な経験を有する技術者の判断を要する。
- z 取得データについて、写真等による実物の確認が行えないため、データ処理において十分な経験を有する技術者の判断を要する。
- z 測深速度が 3~6 ノット程度のため、広大な範囲を実施する際は、多くの作業時間を要する。

3) 測深精度

マルチビーム音響測深の機械精度 (分解能) は、機器により幅があるものの、広く普及している浅海用マルチビームで 6~50mm となっている。

システム全体がもつ計測精度は、対象水深 (計測密度)、地形条件、気象・海象状況、GNSS 状況 (衛星の数・配置・電離層状態など)、動揺・方位センサーの姿勢等の精度を統合した結果で評価を行い、作業の範囲や種類により、次表のとおり求められている。

表 18 測深精度

要求精度	記載文書
深浅測量の精度 定期横断、流量観測用横断 ±15cm その他の横断 (急流) ±30cm その他の横断 (緩流) ±20cm 湖・ダム ±(10 + h /100) cm () 海岸 ±(20 + h /100) cm () ()h : cm 単位 (深さ)	「河川定期縦横断測量業務 実施要領・同解説 建設省河川 局治水課監修 平成 9 年 6 月」 (財団法人 日本建設情報総 合センター)
深さの測定の誤差の限度 $(a^2+(bd)^2)$ m d は水深(m) 特級の水域の水深 a=0.25m、b=0.0075 1a (1b) 級の水域の水深 a=0.5m、b=0.013 2 級の水域の水深 a=1m、b=0.023	「平成 14 年 4 月 1 日海上保安 庁告示第 102 号(海上保安庁告 示第 110 号一部改正)別表第 2」 (海上保安庁)

4) 使用例

a) 海岸域での活用

海浜の侵食に伴う侵食対策事業等において、基本計画の検討や施設効果モニタリングのため詳細な海浜地形変動の把握に活用している。また、陸上海浜部について航空レーザ計測を実施し、シームレスな水陸一体の地形データを構築することで海岸保全事業等の評価に活用されている。

b) 港湾・漁港域での活用

航路埋没状況の把握、岸壁・防波堤等の水中基礎部の現況把握を行うため、3次元データを取得し計画断面等との比較により評価が行なわれている。この結果を用いて港湾施設の維持管理計画作成等、港湾アセットマネジメントに活用されている。

また、港湾施設工事やパイプラインの敷設において、マルチビーム測深データによる施工管理へも広く活用されている。

c) 河川域での活用

橋脚・護岸周辺の局所的な河床洗掘状況調査において、マルチビーム測深による3次元的な状況把握に活用されている。

河川の流下能力検討等の広域の詳細データが必要な検討においては、河川のように浅く延長が長い範囲をマルチビーム測深でデータ取得することは効率的でないため、今後の航空レーザ測深（ALB：Airborne Laser Bathymetry）の普及が期待される場所である。

d) ダム貯水池での活用

近年、貯水池における正確な貯水容量及び堆砂量の把握にマルチビーム測深が利用されるダムが増加している。貯水池内を主に1m格子で地形モデルとして構築することから、正確な貯水容量による適切な水位運用や堆砂が著しい貯水池における堆砂対策検討のための基礎資料として、また設計段階における詳細現況地盤データとしての活用が期待される。

5) 今後の取り組み

マルチビーム測深技術は、現在、小型化（無人化）、自動化の取り組みが行われており、これらの技術の進展とi-Construction等の施策との融合により、現地作業の省力化、効率化、安全の確保といった効果が期待される。

また、近い将来は、現在、技術開発が進行中の航空レーザ測深との併用により、マルチビーム測深が不得手とする浅所部は航空レーザ測深を実施し、航空レーザーでの計測が困難な深所部はマルチビーム測深を実施するというそれぞれの特徴を生かした計測により、効率化、省力化及び一層の安全の確保が図られることが期待される。

2.3.10 その他新たな計測手法

3次元地形モデルを構築するための計測技術は、現在、レーザースキャナー機材を用いた計測が主流になっているが、これに対し、レーザー計測とは全く違う方法で3次元地形モデルを構築する方法がある。それは、複数のステレオ写真より画像相関によるマッチング処理を行い、標高データを自動生成する技術である。

【解説】

(1) オブリーク (Oblique) カメラ

オブリークカメラは、従来の直下視撮影用のカメラに加えて、複数の斜め方向を撮影できるカメラを搭載しており、1回の撮影で多方向の写真が同時に撮影できる。これにより、従来の直下視画像のみを用いた表層面標高点群データ (DSM) の抽出よりも、建物の壁面等を含む、より詳細な DSM データの自動作成が可能となった。

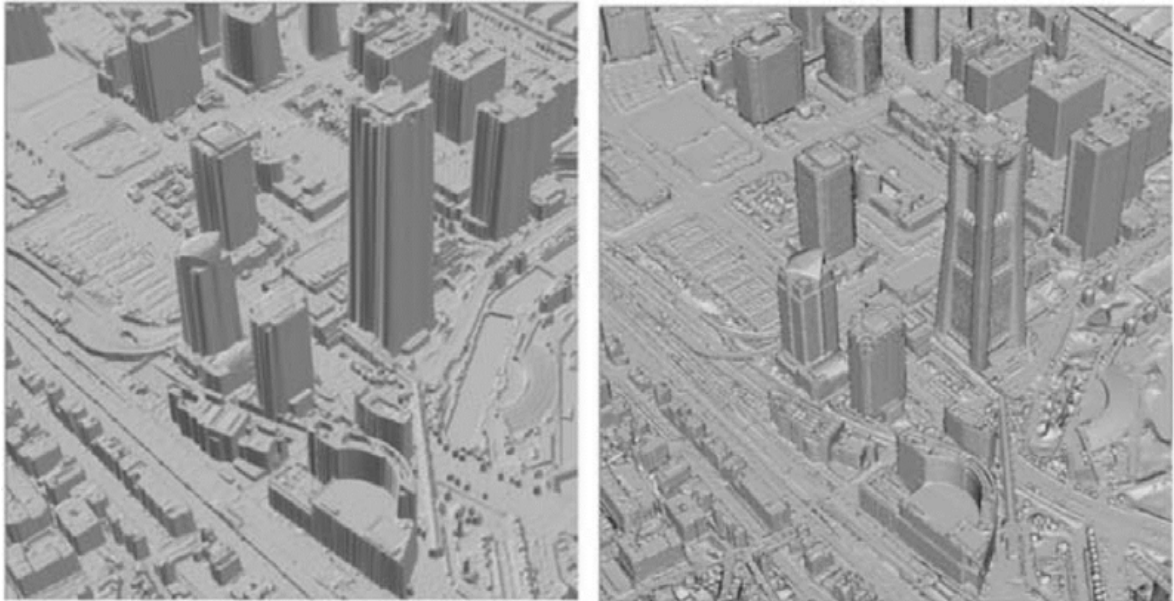
画像マッチング技術は、開発されてからもう十数年になるが、オブリークカメラの出現により、概略設計モデルの作成工程に大きな影響を与えようとしている。

更にこの DSM データを基にした TIN*4 データに対して、撮影画像を貼り付けることにより、より現実空間に近い3次元モデルが短時間に作成できるようになった。

*4 TIN : Triangulated Irregular Network の略 : 地表面や構造物等を3角形の集合体で表現する。



図 53 航空写真撮影による鳥瞰図作成プロセス



直下視画像のみで作成した数値表層モデル オブリークカメラ画像で作成した数値表層モデル

図 54 従来の撮影カメラとオブリークカメラで作成した地形モデルの比較

出典：「CIM 技術検討会平成 26 年度 報告 平成 27 年 5 月」(CIM 技術検討会)

オブリークカメラ撮影による 3 次元鳥瞰図、レーザー計測データ、UAV 画像等を組み合わせた鳥瞰図は、今後の概略設計や住民合意形成資料の精度向上に一役買うものと思われる。



図 55 オブリークカメラ他を組み合わせた 3 次元鳥瞰図

出典：「CIM 技術検討会平成 26 年度 報告 平成 27 年 5 月」(CIM 技術検討会)

2.4 測量における用語の解説と留意点

(1) 地図情報レベル

地図情報レベルとは、「公共測量作業規程 平成 28 年 3 月」(国土交通省)にて、数値地形図データの地図表現精度を表し、数値地形図における図郭内のデータの平均的な総合精度を示す指標としている。

次に、地図情報レベル毎のその精度とアナログの相当地図縮尺との関係を示す。

表 19 地図情報レベルとその精度及び地図縮尺の関係の目安

地図情報レベル	水平位置の標準偏差	標高点の標準偏差	等高線の標準偏差	相当地図縮尺
250	0.12m以内	0.25m以内	0.5m以内	1/250
500	0.25m以内	0.25m以内	0.5m以内	1/500
1000	0.70m以内	0.33m以内	0.5m以内	1/1,000
2500	1.75m以内	0.66m以内	1.0m以内	1/2,500
5000	3.50m以内	1.66m以内	2.5m以内	1/5,000
10000	7.00m以内	3.33m以内	5.0m以内	1/10,000

出典：「公共測量作業規程 平成 28 年 3 月」(国土地理院)

「公共測量作業規程 平成 28 年 3 月」(国土交通省)等で、標準として定義している地図情報レベルと面的な 3 次元測量方法の対応を次に示す。本表や各測量手法の特性を理解した上で、単独又は組み合わせて利用することが必要である。

表 20 地図情報レベルと測量方法の対応の目安

地図情報レベル	現地測量 (基準点の設置)	現地測量 (TS 点の設置)	車載写真 レーザ測量	空中写真 測量	航空 レーザ 測量	UAV による 公共測量	地上レー ザ測量
250							
500							
1000							
2500							
5000							
10000							

(2) 公共測量

公共測量とは、測量法第5条で規定されている測量である。

測量に際して、「費用の全部又は一部を国又は公共団体が負担し、又は補助して実施する測量」又は基準点や電子基準点等の「基本測量又は公共測量の測量成果を使用する測量で国土交通大臣が指定するもの」で、かつ「『高い精度』が必要な測量を行う」場合には、「公共測量」に該当する可能性がある。

このため、本ガイドラインで扱う測量は、公共測量に該当する可能性がある。

該当する場合には、発注者（測量計画機関）は、「公共測量」にかかる諸手続を行う必要がある。

(3) 「日本測地系」と「世界測地系」

「日本測地系」とは、平成14年4月1日の改正測量法の施行前までは、明治政府が5万分の1地形図を作るために基準点網を全国に整備し、ベッセル楕円体を採用する測地基準系である。

「世界測地系」とは、VLBI（Very Long Baseline Interferometry, 超長基線干渉計）や人工衛星を用いた観測によって明らかとなった地球の正確な形状と大きさに基づき、世界的な整合性を持たせて構築された経度・緯度の測定の基準で、国際的に定められている測地基準系である。楕円体はGRS80を採用している。

「日本測地系」から「世界測地系」への変化は、使用する回転楕円体の変更と、進歩した測量技術で基準点網の歪みを解消したことである。

なお、「日本測地系」から「世界測地系」への変換が可能であるとするソフトウェアであっても、回転楕円体の変更へは対応できても、基準点網の歪みへ対応できていないものが存在することに留意すること。

(4) 「測地成果2000」と「測地成果2011」

明治時代の測量機器や測量技術による制約や地殻変動の関係で基準点網に歪みを生じており、VLBIやGPSを用いた精度の高い測量の結果を適用した電子基準点を整備することにより得られた、測地基準点成果を「測地成果2000」(JGD2000)という。

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震にともなう大きな地殻変動により多数の基準点が移動した。この基準点の移動を適用した測地基準点成果を「測地成果2011」(JGD2011)という。平成23年10月21日(金)に測量法施行令の一部を改正したことから、以降の基本測量及び公共測量の基準は、「測地成果2011」(JGD2011)となっている。

なお、本ガイドライン作成以降も大きな地殻変動があった場合には、新たな測地成果へ改正される可能性がある。この場合には、「測地成果2011」(JGD2011)を、新たな測地成果に読替えを行うこと。

日本測地系の座標を、測地成果2000による座標に変換するには、国土地理院のWebサイト「Web版TKY2JGD」(<http://vlodb.gsi.go.jp/sokuchi/surveycalc/ky2jgd/main.html>)等を利用すること等で変換が可能である。

更に、測地成果2000による座標を、測地成果2011による座標に変換するには、「Web版PatchJGD」(<http://vlodb.gsi.go.jp/sokuchi/surveycalc/patchjgd/index.html>)等を利用することが可能である。

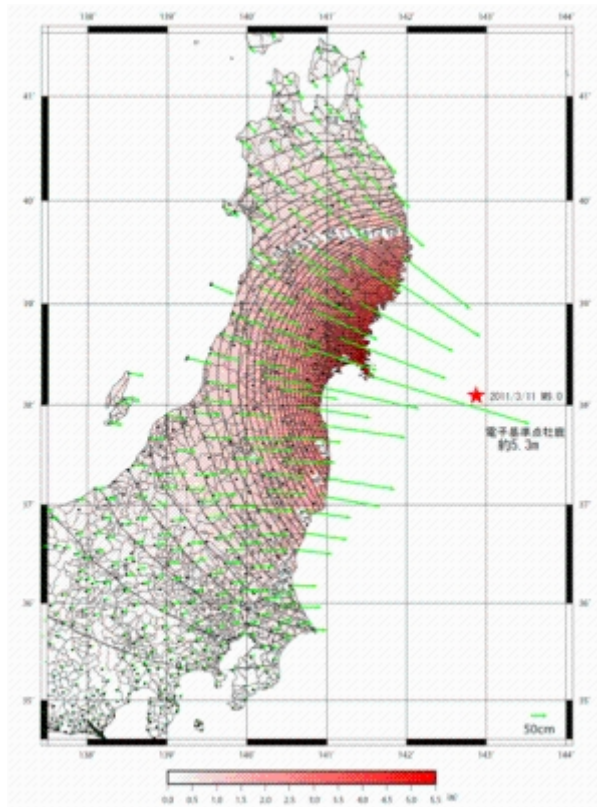


図 56 東日本大震災における地殻変動

出典：国土地理院 <http://www.gsi.go.jp/sokuchikijun/jgd2000-2011.html>

(5) 平面直角座標系

平面直角座標系とは、測量法 11 条第十一条第一項第一号及び平成十四年国土交通省告示第九号で定められている、地図の投影法である。

地球上の点の水平位置は、緯経度によって表されるべきだが、狭い範囲内だけで考えれば平面とみなして扱っても大きな誤差は生じない。そのため、日本国内に 19 の原点を置いてその周辺のみを平面として扱うように座標系を定めている。その原点を中心に南 北方向（縦）を X 座標、西 東方向（横）を Y 座標としており、数値単位として m 表記されることが多い。GIS ソフトウェアや CAD ソフトウェアでは、横軸を X、縦軸を Y としている場合が多いため、縦横反転しないように留意することが必要である。

なお、主に都道府県単位に使用する系番号が 1 系 2 系...のように設定されている。複数の系を跨ぐ場合は、どちらか一方の系を選択して、全てのモデルで統一して作成を行う必要がある。

（参考）国土地理院の Web サイトの「わかりやすい平面直角座標系」(<http://www.gsi.go.jp/sokuchikijun/jpc.html>)

緯度・経度座標を、平面直角座標系の座標へ変換するには、国土地理院の Web サイト「平面直角座標への換算」(<http://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/surveycalc/surveycalc/bl2xyf.html>)を利用すること等で変換が可能である。

(6) 基盤地図情報（数値標高モデル）5m メッシュ（標高）/10m メッシュ（標高）

基盤地図情報（数値標高モデル）については現在、「5m メッシュ（標高）」と「10m メッシュ（標高）」が存在しているが、作成方法・作成時期の違いから以下に注意する必要がある。

1) 測地系の混在によるモデル間の不整合

5m メッシュ（標高）については、測地成果 2000（JGD2000）と測地成果 2011（JGD2011）が混在している。10m メッシュ（標高）については、JGD2000 のみである。

測地成果が混在する場合には、接合ができなくなる。

また、地殻変動が発生した場合には、基準点等の測地成果が変更になる場合がある。このため、CIM モデルとの統合に際しては、全てのモデルを同一の測地成果を基準として、統合を図る必要がある。

2) 測量方法の混在によるモデル間の不整合

5m メッシュ（標高）については、測量実施時期・計測方法の違いなどにより、測量精度が異なるため、隣接するメッシュコードのファイル間の接合部ではギャップを生ずる場合がある。ギャップを許容できない場合は、10m メッシュ（標高）の利用や、新規のレーザー計測等を検討する必要がある。

また、5m メッシュ（標高）と 10m メッシュ（標高）を混在させる場合については、測量方法が異なる。測量方法が異なると、その精度も異なる。混在する場合には、接合部でギャップや、重複する部分では標高値の差異が、発生する可能性がある。

3) 網羅性

10m メッシュ（標高）は日本全国を網羅しているが、5m メッシュ（標高）は都市部や 1 級河川を中心に整備されているが全国を網羅していない。

(7) GNSS（Global Navigation Satellite System / 全球測位衛星システム）

GNSS は、GPS、GLONASS、Galileo、準天頂衛星（QZSS）等の衛星測位システムの総称。

GPS（Global Positioning System）は、アメリカ合衆国によって、航空機・船舶等の航法支援用として開発されたシステムである。

このシステムは、上空約 2 万 km を周回する GPS 衛星（6 軌道面に 30 個配置）、GPS 衛星の追跡と管制を行う管制局、測位を行うための利用者の受信機で構成されている。

航空機・船舶等では、4 個以上の GPS 衛星からの距離を同時に知ることにより、自分の位置等を決定する。GPS 衛星からの距離は、GPS 衛星から発信された電波が受信機に到達するまでに要した時間から求められる。衛星から発信される電波には、衛星の軌道情報・原子時計の正確な時間情報などが含まれている。

出典：国土地理院ホームページ http://terras.gsi.go.jp/geo_info/GNSS.html

(8) GNSS での測位方法に違いによる誤差の関係

GNSS には、幾つかの測位方法(利用方法)がある。その測位方法により、計測できる緯度経度が異なるため、利用に当たってはその特性を考慮して利用する必要がある。

表 21 GNSS での測位方法における誤差の目安

GNSS 測位方法	誤差の目安
単独測位	約 10m
DGPS 測位 (ディファレンシャル GPS (仮想基準点方式))	数 m
RTK-GPS 測位	数 cm
ネットワーク型 RTK-GPS 測位	数 cm

出典：国土地理院ホームページ「GNSS を使用した測量のいろいろ」
(http://terras.gsi.go.jp/geo_info/GNSS_iroiro.html) より整理

(9) IMU (Inertial Measurement Unit / 慣性計測装置)

移動体の角度・加速度を同時に観測する装置である。

空中写真測量、航空レーザ測量、車載写真レーザ測量などを行う場合に、GNSS で位置を計測し、IMU で姿勢傾き・加速度を同時に観測することで、精度の高い測量を可能としている。

(10) 標高とジオイド高

地球は、構成する物質等の偏りにより、完全な楕円体ではなく不規則な形をしている。この形状により、重力方向と直交する面をつなげた面についても、完全な楕円体とはならず不規則な曲面となる。重力と直交する曲面を、平均海水面高と一致させた曲面をジオイドという。

GNSS 測量による高さについては、楕円体よりの高さを基本している。このため、標高については、測定する機材等によっては、ジオイド高による補正を行う必要がある。

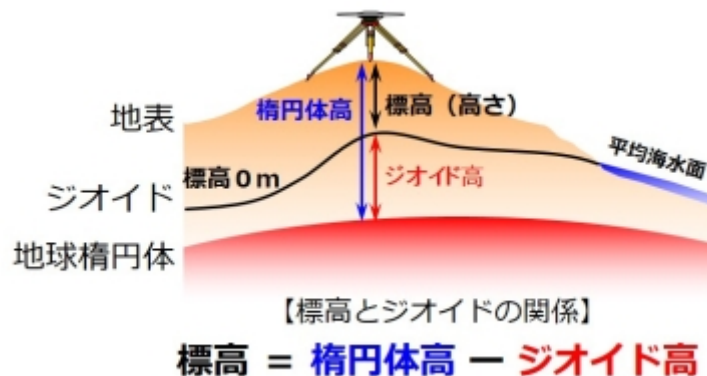


図 57 標高と楕円体高とジオイド高の関係

出典：国土地理院ホームページ「ジオイドとは」(<http://www.gsi.go.jp/buturisokuchi/geoid.html>)

(11) 構造物等のエッジの取得について

本ガイドラインでは、3次元点群データを取得する、面的な測量方法を主に紹介している。

しかし、面的な測量手法では、構造物等のエッジについては取得することはできないため、TS等を用いた現地測量や、UAVを利用する場合でも、空中写真測量による図化手法等を組み合わせて利用することが必要である。

(12) レーザ測量における色つき点群の成果について

レーザ測量では、同時にデジタルカメラで撮影した場合には、色つきの点群データを作成可能である。しかし、公共測量作業規程ではレーザ測量の成果に色(RGB)情報は必須となっておらず、受発注者間の協議事項となる。

このため、測量段階で取得した点群データを、CIMで利用する場合には、常にカラー画像が利用出来る訳ではないことに注意する必要がある。

(13) 国土地理院の測量成果の利用承認申請・複製承認申請

基盤地図情報等の国土地理院の測量成果(地図、数値標高モデル、空中写真等)を、複製及び使用する場合は、測量成果の複製承認申請又は使用承認申請が必要となる場合がある。

例えば、CIM活用業務・工事の受注者が、基盤地図情報 数値標高モデルをダウンロードし、そのデータを用いて地形モデル作成し、地形モデル及びダウンロードしたデータを納品する場合には、発注者は事前に複製承認の申請を行う必要がある。

詳細は、国土地理院ホームページ国土地理院の地図の利用手続」(<http://www.gsi.go.jp/LAW/2930-index.html>)を参照。

(14) 既成成果としての標高データ

概略設計等に利用可能な既成成果として、様々な標高データが存在するが、メッシュサイズ、作成方法等様々に存在し、目的や用途によって、特性によって使い分けや、座標変換などが必要である。

なお、有償のデータとしては、より詳細な標高データ等が存在するが、より厳しいライセンス条項が存在する場合が多い。

ここでは無償のものを、一部紹介する。

表 22 既成成果としての標高データの例

名称	メッシュサイズ	公開元	作成方法	整備範囲	標高種別	精度	測地系	ライセンス	備考
基盤地図情報数値標高モデル 5mメッシュ標高	5m	国土地理院	航空レーザ測量又は、空中写真測量	都市域、河川流域等。	DTM	垂直 0.3m または 0.7m	JGD 2011	国土地理院コンテンツ利用規約	地域により測量手法・精度がことなるため、境界でギャップが生ずる可能性がある。 標高の代表点が各メッシュ中心のため、各図面の境界でギャップが生ずる可能性がある。
基盤地図情報数値標高モデル 10mメッシュ標高	10m		1/25000地形図の等高線	日本全国		垂直 5m 以内	JGD 2000		標高の代表点が各メッシュ中心のため、各図面の境界でギャップが生ずる可能性がある。 JGD2000 のため、東北地方等で測地系を変換が必要となる場合がある。
標高タイル (基盤地図情報数値標高モデル)	ズームレベルにより異なる。		基盤地図情報数値標高モデル	日本全国		基盤地図情報数値標高の精度	JGD 2011		通常の基盤地図情報数値標高モデルとは、格納方法が異なる。
SRTM1 version3	約 30m	NASA	スペースシャトルに搭載したレーダ。	全世界 (北緯、南緯ともに 80 度未満)	DSM	標準偏差 10m	WGS84	パブリックドメイン	欠損値は ALOS 等から補完。
ALOS 全球数値地表モデル(DSM) "ALOS World 3D - 30m" (AW3D30)	約 30m	JAXA	ALOS「だいち」及び、Digital Globe 社の衛星画像	全球陸域 (緯度約 82 度以内)		5m	ITRF97	出所と著作権を明示	メッシュサイズ 5m 等のより詳細なデータが"全世界デジタル 3D 地形データ (ALOS World 3D)"として販売されている。

出典：「CIM を学ぶ」(熊本大学 一般財団法人日本建設情報総合センター)を加工

3章 地質・土質調査

本章では、地質・土質モデルの作成・活用に関する基本的な考え方、モデルの種類と概要、構成及び作成手順（例）を示した。

各事業の特性・段階に応じて、地質・土質調査の目的・内容が異なり、必要となる地質・土質モデルの種類が異なるため、本共通編及び各分野編の内容を参考にして、モデルの精度向上や地質リスク低減に配慮しながら地質・土質モデルを作成する。

3.1 地質・土質モデルの作成・活用に関する基本的な考え方

3.1.1 地質・土質モデル作成における基本方針

地質・土質モデルは、モデルを作成する時点までに行った地質・土質調査の成果を基に作成する。作成した地質・土質モデルには推定を含むことや、設計・施工段階へ引き継ぐべき地質リスクについて、「CIM モデル作成 事前協議・引継書シート」へ必ず記録し、継承するものとする。

また、地質・土質モデルを活用する目的・用途を踏まえ、モデルの精度向上や地質リスク低減のために追加の地質・土質調査について、必要に応じて計画・実施することに留意する。

地盤は、断層、風化層、軟弱層、地下水等の分布が複雑であり、計画・設計段階での限られた地点及び断面での調査だけでは、正確にモデル化することは難しい。盛土などの人工的に造成される部分についても同様である。計画・設計段階での地盤情報は、3次元等の図化表示技術がいかに進歩しようとも、見込みや推定を多分に含んでいることに留意する必要がある。

各事業段階で、以後の段階・工程のリスクを想像して補足調査を実施し、地盤調査情報を追加又は更新するものとする。施工段階では、掘削中に確認される露頭、掘削面等における観察結果や評価を加えた情報、地盤改良で確認された支持層の深度等の確度の高い情報を、常に施工条件に反映した上で、施工を進めるものとする。

地質・土質モデルの作成においては、このような「現認され確定した事実」の保持と継承を重視しなければならないことを踏まえ、次のとおり基本方針、留意点を整理した。

本章では、「地質・土質調査共通仕様書 平成 29 年度版」(国土交通省各地方整備局)等に表示される成果物を基に、地質・土質モデルを作成することを基本とし、ボーリング柱状図からなる「ボーリングモデル」、地質平面図を3次元の地形モデル上へ貼り付けた「テクスチャモデル」、地層等の3次元空間分布を考慮し作成した「準3次元地質モデル」として、テクスチャモデル(準3次元地質平面図)、準3次元地質断面図、地層構成等の位置関係が把握できる「3次元地盤モデル」としてサーフェスモデル、ソリッドモデル(B-Reps、ボクセルモデル及び柱状体モデル)について取り扱うこととし、モデルの構成及び作成手順(例)を記載する。

これらのモデルを3次元空間に配置し、本体構造物と地質構成等の位置関係の立体的な把握が可能となることで、関係者間での調査成果に対するイメージ、地質リスク等の共有を容易にし、調査成果を基にした追加及び補足調査の検討及び立案を、円滑に進めることが期待される。

なお、これらのモデルは、作成時点までに実施した限られた地点及び断面での地質・土質調査から得られた情報を基に作成したものであり、構造物モデルとは異なり不確実性を伴う推定を含んだモデルである。後続する事業段階での構造物の設計・施工によっては、発生が懸念される地質リスク等について、「CIMモデル作成 事前協議・引継書シート」へ必ず記録し継承することに留意する。

また、サーフェスモデル、ソリッドモデル(B-Reps、ボクセルモデル及び柱状体モデル)は、地下水浸透流解析、断層、脆弱層等における近接施工の影響予測等の解析、地震動解析等の目的に応じて作成するモデルである。これらのモデルを作成する場合は、解析及び考察するに至った目的及び用途に応じた精度を確保するための、必要な調査手法及び調査数量を十分に講じた上で、モデルを作成し活用することに留意する。

更に、使用した地質情報、モデル作成方法(地質・土質モデル作成ソフトウェアの種類や地層補間アルゴリズムなど)等について、「CIMモデル作成 事前協議・引継書シート」へ記録し継承することに留意する。

3.1.2 地質・土質モデルの活用の考え方

計画、調査、設計、施工及び維持管理の各段階における地質・土質モデルは、モデルの推定等に関する事実の継承、調査目的及び調査数量に応じたモデルを選択することに留意の上、作成又は利用し、次の段階へ継承する。

各段階における地質・土質モデルの流れを図 58 に示す。

各事業段階において、モデルを作成、追加、更新又は利用後に、次の段階に継承されていく流れは他の構造物モデル等と同様であるが、前節の基本方針を踏まえ、次の事項に留意する。

- ① 各事業段階の地質・土質モデルの継承時には、モデルにどのような推定を含むのか、それはどのような補間・推定を経たものであるか等の記録を確実に継承する事に留意する。
なお、これらの推定等の継承は、「3.3.1 データ構成」の記載を、確認されたい。
- ② 地質・土質モデルの使用目的や要求性能は、対象構造物及びその事業段階によって異なること及び一般に事業段階の進捗に伴ってモデルが扱う地質・土質情報の種類は増え精度も向上することを踏まえた上で、作成、追加又は利用する地質・土質モデルを選択することとし、不必要なモデル及び精度の低いモデルを作成することがないように留意する。
- ③ 地質・土質調査に関する CIM の活用実績は少ない状況にあり、全国地質調査業協会連合会等関係機関の研究成果を基に、地質・土質調査モデルの構成、作成手順(例)を記載している。なお、地質・土質モデルの作成、追加、更新及び継承については、現場での検証及び関係機関での検討が十分でないことを踏まえ、平成 29 年度以降、CIM の導入・実施状況を通じて課題等を整理し対策検討を行い、随時、必要な改定を行っていく。

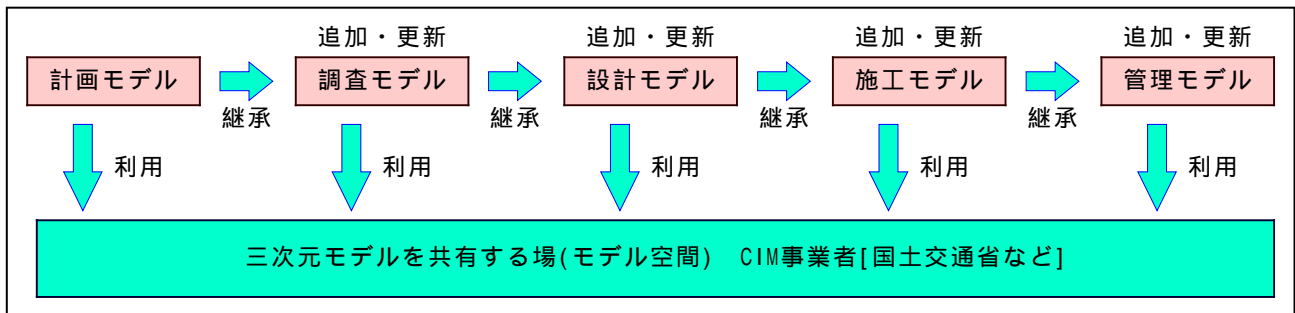


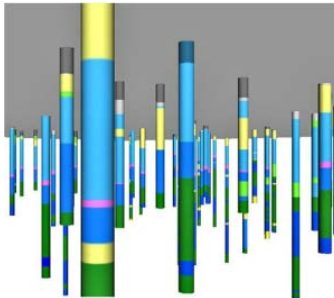
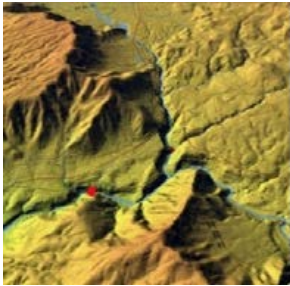
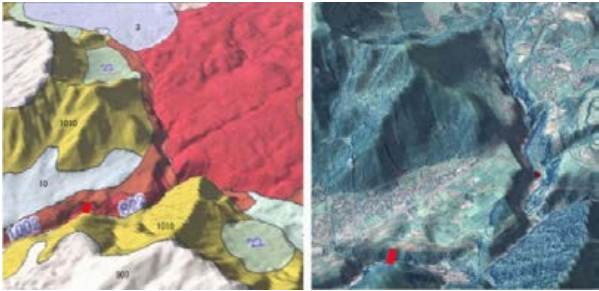
図 58 CIM の各段階と 3 次元地盤モデルデータ

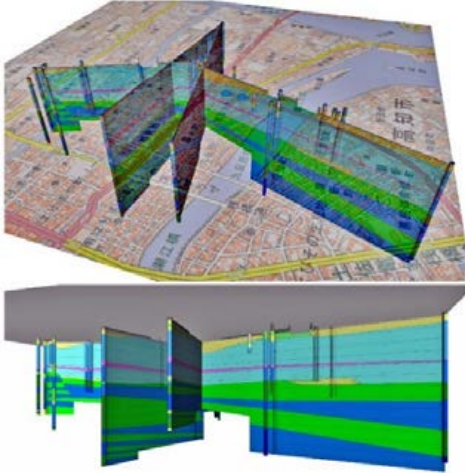
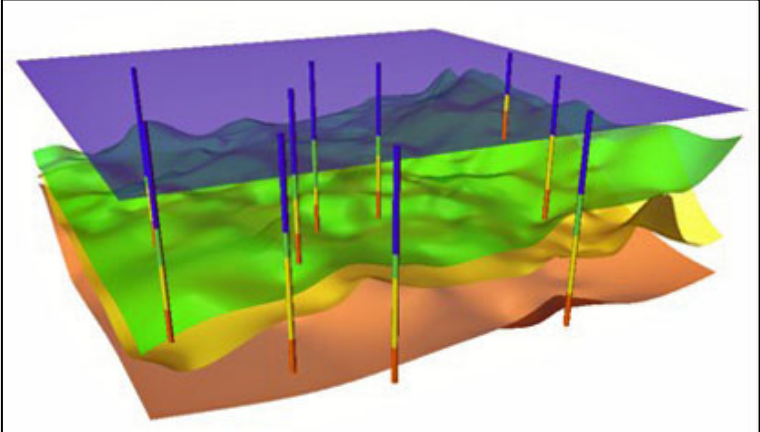
3.2 地質・土質モデルの種類と概要

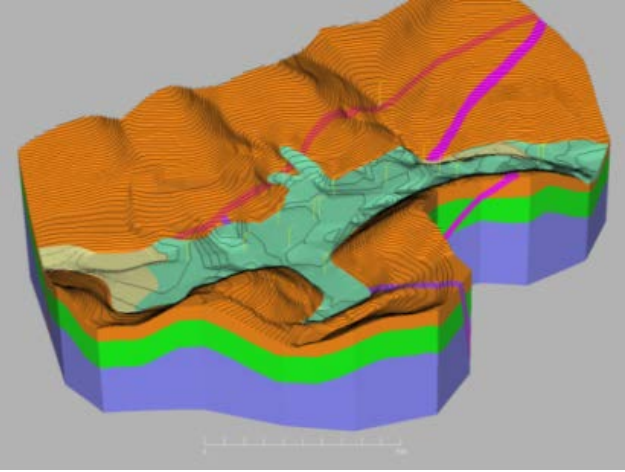
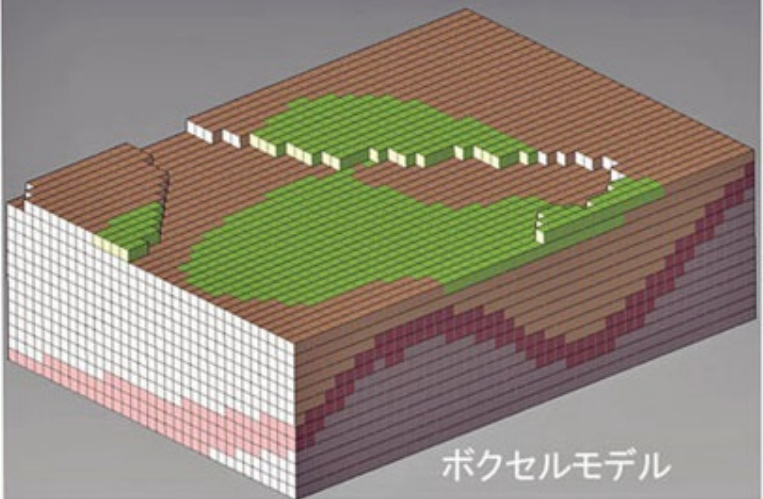
3.2.1 地質・土質モデルの種類

本ガイドラインで扱う 3 次元の位置情報を持つ地質・土質モデルの種類と概要を次表に示す。

表 23 地質・土質モデルの種類と概要

種類	概要
<p>ボーリングモデル (1次元地盤モデル)</p>	<p>地質・土質調査業務で作成されたボーリング柱状図から層序等を抽出し、孔口の座標値、掘進角度、方位から 3 次元的位置に配置し、必要な属性情報を抽出することにより作成するモデルのことである。機械ボーリングの成果の内、「工学的地質区分名」、「地下水位」、「N 値」等を表現したものである。</p> 
<p>準 3 次元地盤モデル</p> <p>テクスチャモデル (準 3 次元地質平面図)</p>	<p>従来からの地質・土質調査業務での 2 次元の成果としての地質平面図及び地質縦断図等を、地形データ等とともに 3 次元空間に配置したモデル。</p> <p>地形表面(地形データ)に、地質・土質調査業務で作成された 2 次元の成果である地質平面図、オルソ処理した空中写真等を貼り付けて作成するモデルのことである(テクスチャマッピング)。</p>  <p>国土地理院 色別標高図</p>  <p>国立研究開発法人 産業技術総合研究所 シームレス地質図</p> <p>国土地理院 国土基本図</p>

種類		概要
準 3 次元地盤モデル	準 3 次元地質断面図	<p>地質・土質調査業務で作成された地質断面図、速度層断面図や地山条件調査結果図等を基に作成する地形データ等とともに 3 次元空間に配置したモデルである。</p> 
3 次元地盤モデル		<p>複数のボーリング柱状図等の地質調査結果を基に、様々な情報を地質学的な解釈を加えて総合的に表現したものである。異なる範囲・目的・用途・空間補間方法で、作成したモデルは、単純に結合出来ないため、それぞれのモデルが地質学的な解釈を経て作成されていることを十分に理解した上で、元データから、新たなモデルを再作成する。</p>
	サーフェスモデル	<p>地層などの境界面に地層・岩体区分などの属性を持つ面を貼り付けたモデルである。</p> <p>サーフェスモデルを構成する境界面等を以下に示す。</p> <p>「地層（層序）境界面」地層境界をワイヤースケルトンモデルとして数学的に表現し、属性データである地層区分をテクスチャとして貼り込んだモデルである。</p> <p>「物性値境界面」境界をワイヤースケルトンモデルとして数学的に表現し、属性データである物性値区分テクスチャとして貼り込んだモデルである。</p> <p>「地質評価境界面」様々な知見を基にして総合的に解析して作成した地質の評価境界をワイヤースケルトンモデルとして数学的に表現し、属性データである地質評価区分をテクスチャとして貼り込んだモデルである。</p> 

種類		概要
3次元地盤モデル	B-reps	<p>サーフェスモデルが地層、物性値等の境界面の上面のみを表現しているのに対して、上面・下面・側面の境界面とで挟まれた内部の地質情報などを付加した属性情報から構成されるモデルをソリッドモデルという。水平方向・深度方向に広範囲に亘る場合は、便宜上的に区切るための鉛直・深度等の境界面で区切られる。</p> <p>地層等の境界面として「地層(層序)境界面」、「弾性波速度境界面」、「比抵抗境界面」、「岩級区分境界面」、「岩盤分類境界面」や「ルジオン値境界面」等がある。</p> 
	ソリッドモデル ボクセルモデル	<p>モデル全体を小さな立方体(空間格子)の集合体として表現するものである。通常は、サーフェスモデル(地層などの境界面モデル)の形状と境界面間の属性情報を微小立方体に付与することにより作成する。</p>  <p style="text-align: right;">ボクセルモデル</p>

種類		概要
3次元地盤モデル	ソリッドモデル	<p>柱状体モデル</p> <p>サーフェスモデルなどの地層などの境界面モデルを真上から見て小さな格子(メッシュ)に区分し、メッシュ内の境界面間の属性情報と関連付けることにより作成されたモデルである。地震動予測の分野では「鉛直1次元地盤柱状体モデル」と呼ばれることがある。</p> <p>ボーリングモデルを所属するメッシュに拡張する=柱状体モデル</p> <p>凡例 1層 2層 3層 4層(工学基盤) 5層(地震基盤)</p>
	【参考】パネルダイヤグラム	<p>サーフェスモデル、ソリッドモデルに任意に設定した複数の断面線で切り出した断面図(パネル)群であって、形状情報(オブジェクト型)と地質情報等を付加した属性情報から構成される。従来の地層推定図を配置した準3次元断面図とは異なる。</p> <p>パネルダイヤグラム</p>

3.2.2 地質・土質モデルの活用目的

本ガイドラインで扱う3次元の位置情報を持つ地質・土質モデルの活用目的を次表に示す。

表 24 地質・土質モデルの種類と活用目的

種類		活用目的		
全般		<ul style="list-style-type: none"> ・3次元モデル等の視覚化による地質リスクの早期検出や、周辺部を含む地質概要の把握に活用する。 		
ボーリングモデル (1次元地盤モデル)		<ul style="list-style-type: none"> ・地盤構成の分布性状の詳細を明らかにする。 ・地質・土質モデルを推定した根拠となる地盤情報を示す。 		
準3次元 地盤モ デル	テクスチャモデル (準3次元地質平面 図)	<ul style="list-style-type: none"> ・地表の情報(土地利用、植生、標高起伏等)から、地下の状況を予測する。 ・以降の追加調査方法・調査順序・調査位置などの検討に活用する。 		
	準3次元地質断面図 モデル	<ul style="list-style-type: none"> ・地質・土質モデルを推定した根拠となる地盤情報を示す。 		
3次元地盤モデル		<p>(企画・計画段階)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・関係者間協議用の資料、住民説明用の資料を作成する。 <p>(調査段階)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・3次元地盤モデルの視覚化による、構造物と地質・地盤構造の位置関係を明示する。 ・地質リスクの把握による設計・施工への提言や助言をする。 ・動的解析用モデル、3次元地下水モデル、3次元力学解析モデルを作成する。 <p>(施工段階)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・3次元地盤モデルの視覚化による対象の地層と構造物の位置関係の明確化による施工性を向上させる。 ・地質リスクの把握による施工時の安全を確保する。 		
		サーフェスモデル	<ul style="list-style-type: none"> ・他の3次元地盤モデル作成のための基礎データとして利用する。 ・平均断面法による土量計算に活用する。 ・各種図面(地質平面図、断面図、コンター図等の出力に利用する。 ・対象の地層と構造物の位置関係を確認する。 	
		ソリッド モデル	B-Reps	<ul style="list-style-type: none"> ・ボクセルモデル及び柱状体モデル作成のための基礎データとして利用する。) ・各種図面(地質平面図、断面図、コンター図等)の出力に利用する。 ・地質リスク等が懸念される領域の数量計算や、構造物との干渉を確認する。
			柱状体モ デル	<ul style="list-style-type: none"> ・地盤強度等のFEM解析、地下水流動や浸透流解析、地震動予測や液状化危険度判定、施工管理などを実施する場合のモデルとして作成する。 ・施工管理時の地質や土質区分ごとの土量を推定する。
ボクセル モデル	<ul style="list-style-type: none"> ・地震動を予測する(地震動予測の分野では「鉛直1次元地盤柱状体モデル」と呼ばれる。) ・斜面の崩壊危険度、液状化予測する。 			

3.2.3 地質・土質モデルの活用時の留意事項

地質・土質モデル活用時の留意事項を次表に示す。

表 25 地質・土質モデルの活用時の留意事項

種 類		留 意 事 項
全般		<ul style="list-style-type: none"> 地質・土質モデルは、柱状図、地質平面図、地質断面図等を3次元空間に配置したものに、ボーリング調査結果等を基に様々な情報を地質学的な解釈を加えて総合的に作成されたものであるが、不確実性を含むことに留意する。 元データとしてのボーリング柱状図以外の箇所は、推定によるものである。どのような補間法を用いても、従来手法による地質断面図等と比べて同等又は逆に低下する可能性があることに留意する。 地質・土質モデルは、調査、設計、施工及び維持管理の各段階において目的や数量に応じた精度で適切に作成し利用する必要があることに留意し、次段階へ継承する。 地質・土質モデルの作成に用いたデータの精度やモデル構築条件を属性情報や報告書等で信頼性を把握した上で利用するとともに、必要な場合は修正した上で利用する。 品質やトレーサビリティを確保するため、作成記録のない地質・土質モデルは使用しない。 以降の調査結果で修正される可能性があることに留意する。
ボーリングモデル (1次元地盤モデル)		<ul style="list-style-type: none"> ボーリング柱状図から得られた層序等を確認して利用する。 打設位置/方位角/打設角等によるボーリング柱状図の座標を確認の上、利用する。
準3次元地盤モデル	テクスチャモデル (準3次元地質平面図) 準3次元地質断面図モデル	<ul style="list-style-type: none"> 使用する地形図等の精度によって大きく左右される。
3次元地盤モデル		<ul style="list-style-type: none"> ボーリング柱状図データ以外は、数学的に補間し推定された結果である。 精度確保に必要な調査手法、調査数量を十分に検討した上で、活用方法を検討する。 使用した地質情報やモデル作成方法(地質・土質モデル作成ソフトウェアの種類や地層補間アルゴリズムなど)等を記録し継承する。
	サーフェスモデル	<ul style="list-style-type: none"> 作成領域がモデルの信頼範囲であるかを確認して利用する。
ソリッドモデル	B-Reps ボクセルモデル	
	柱状体モデル	

3.3 地質・土質モデルの構成

地質・土質調査業務実施時又は設計・施工中に作成される地質・土質モデルの標準的なデータ構成例について記載する。

3.3.1 データ構成

地質・土質モデルのデータ構成は、次表のように管理情報、形状情報、属性情報に構成されることが望ましい。

表 26 地質・土質モデルのデータ構成

名称	概要
管理情報	<ul style="list-style-type: none"> ㊦ 地盤情報データベースを構築する場合の検索に利用する。 ㊦ 使用した地質情報やモデル作成方法（地質・土質モデル作成ソフトウェアの種類や地層補間方法のアルゴリズムなど）等を記録する。 ㊦ 後続の事業段階に発生が懸念される地質リスク等を記録する。
形状情報	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地質・土質モデルの3次元空間情報（3次元座標値）を記載したデータである（オブジェクトデータ）。 ・ 共通IDを付与することによって、属性情報と形状情報を関連づけて、個別管理やモデルの統合や継承・更新などに活用する。
属性情報	<ul style="list-style-type: none"> ㊦ 地質情報などを付加したデータであり、個別に管理する。 ㊦ 共通IDを付与することによって、属性情報と形状情報を関連づけて、個別管理やモデルの統合や継承・更新などに活用する。

次図にサーフェスモデルと属性情報の例（イメージ）を示す。

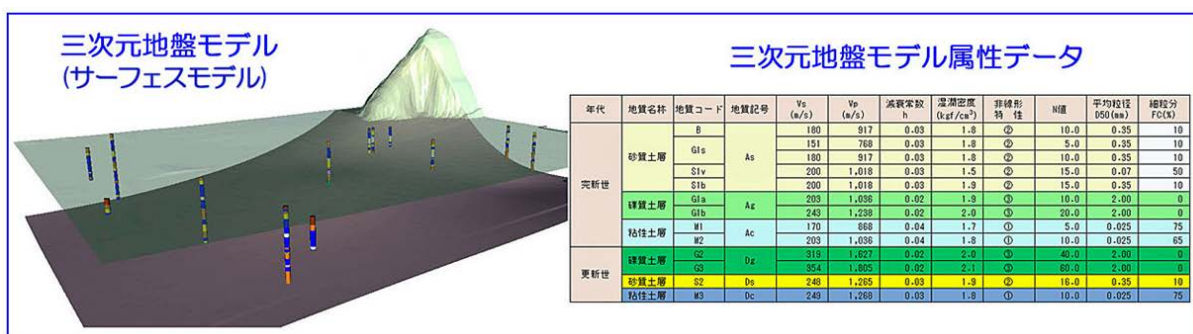


図 59 サーフェスモデルと属性情報の例（イメージ）

3.3.2 属性情報

(1) 属性情報の取扱い

地質・土質モデルは、ボーリング調査結果から得られた各地層に対する土質試験結果等による物理特性や圧縮強度等の力学特性のような様々な属性情報を扱う必要がある。そのため、地質・土質モデルは、形状情報(オブジェクト)と属性情報等で構成され、各段階へモデルを更新していく場合は、形状情報と属性情報を一体化するよりも、形状情報と属性情報を分離し、「共通 ID」を使用して、各々を個別に管理するのが有効である。

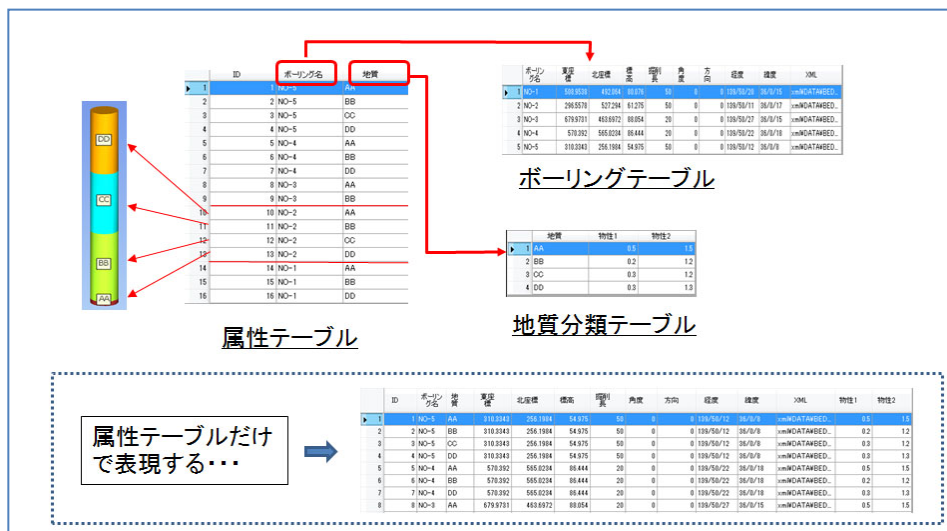
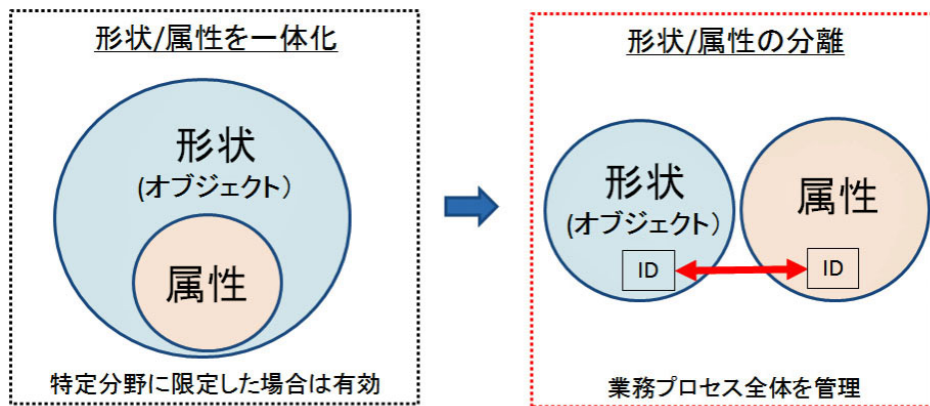


図 60 3次元地盤モデルの属性情報

出典：CIMにおける3Dモデルの属性利用について（情報地質学会シンポジウム2013講演論文集）

(2) 属性情報の作成（例）

地質・土質モデルにおける属性情報の作成例を次表に、1)～4)に作成手順を示す。

各分野及び施工段階における個別の属性情報は、必要に応じて追加するものとする。ファイル形式は、データの流通が容易になるようオリジナルデータやCSV形式とする。

表 27 属性情報の作成例

作成対象	属性	概略設計のための調査	予備設計のための調査	詳細設計のための調査	施工中	維持管理	備考
ボーリングモデル (1次元地盤モデル)	IDコード						必須
	深度						必須
	地質情報名						地層・岩体区分名、風化帯区分、変質帯区分、地山等級、地下水位、湧水状況や地質学的留意点（リスク情報）等
	堆積（優先）情報						
	特記情報等						
テクスチャモデル (準3次元地質平面図)	IDコード						必須
	地質情報名						地層・岩体区分名、地質構造、風化帯区分、変質帯区分及び地質学的属性など
	カラーコード						
	特記情報等						
準3次元地質断面図モデル	IDコード						必須
	地質情報名						地層・岩体区分名、地質構造、風化帯区分、変質帯区分、地山等級、地山弾性波速度層区分、地下水位、湧水状況や地質学的留意点（リスク情報）等
	堆積（優先）情報						
	特記情報等						
3次元地盤モデル	IDコード						必須
	地質情報名						地層・岩体区分名、地質構造、風化帯区分、変質帯区分、地山等級、地山弾性波速度層区分、地下水位、湧水状況や地質学的留意点(リスク情報)等
	堆積（優先）情報						
	特記情報等						

1) ID コード

地質・土質モデルの属性情報では、行を形状情報（オブジェクト）列を複数からなる属性情報（属性項目）とするテーブル形式で作成する。ID コードは形状情報と属性情報が一対になるよう設定する。

2) 深度

ボーリングモデルにおける深度は、『ボーリング柱状図作成及びボーリングコア取扱い・保管要領（案）・同解説』に準拠し、孔口から測った地質情報（地層・岩体区分など）の境界までの距離を1/100m単位まで記載する。

3) カラーコード

地質情報を描画する際の色を RGB カラーモデル等で指定する。JIS A 0206:2013 によるものを標準とする。また、使用した定義コードを明記する。次表にカラーコードを付与した属性情報（テーブル）のイメージを示す。

表 28 テクスチャモデル（準3次元地質平面図）の属性情報イメージ

ID	堆積順位	地質時代			地層・岩体区分		記号	カラーコード
Gmap-001	7	新生代	第四紀			崖錐堆積物	tl	D9D9D9
Gmap-002	6	新生代	新第三紀	中新世	湯長谷層群	水野谷層	Ya	FFFF99
Gmap-003	5	新生代	新第三紀	中新世	湯長谷層群	五安層	Ys	FF99FF
Gmap-004	4	新生代	古第三紀	漸新世	白水層群	白坂層	Sm	3399FF
Gmap-005	3	新生代	古第三紀	漸新世	白水層群	石城挾炭層	Ss	339933
Gmap-006	2	中生代	白亜紀	後期	双葉層群	足沢層	Fg	009900
Gmap-007	1	中生代	白亜紀	前期		花崗岩	Gr	996633

4) 地質情報名

各地質・土質モデルを作成する際に使用した地質情報のことである。基本的に地層・岩体区分名、土質区分名等を記載し、調査目的に応じて計測値や試験結果等を記載する。表 27 の備考に各モデルに対する『地質・土質調査成果電子納品要領 第4編 3-3-6 地質情報』の「地質情報」地質情報名等について示す。

5) 堆積（優先）情報

堆積（優先）情報は、地層・岩体区分で最も下位層からの堆積順位を示す番号などのことである。次図に参考として、地質論理モデルによる堆積順位のイメージを示す。

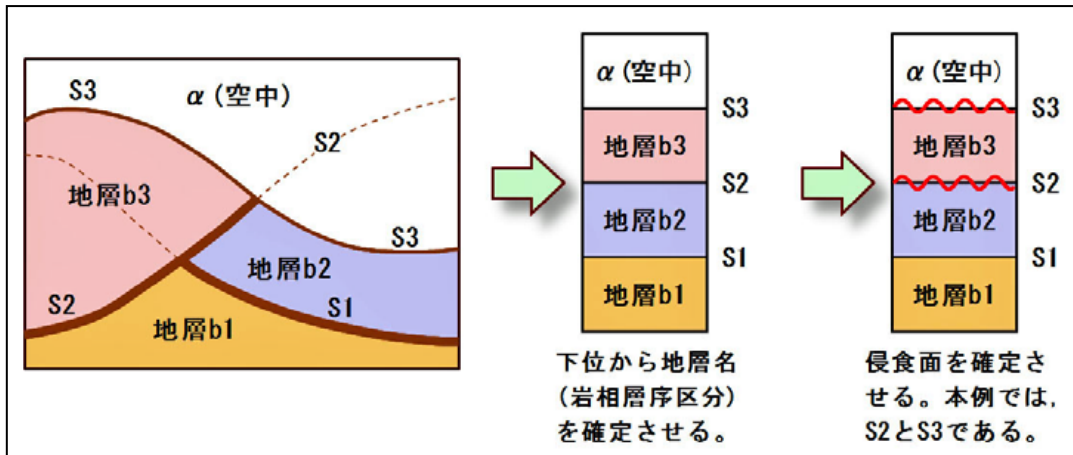


図 61 地質論理モデルによる堆積順位のイメージ（参考）

出典：JACIC 研究助成「CIM に対応するための地盤情報共有基盤ならびに 3 次元地盤データモデル標準の検討
研究報告書 平成 28 年 8 月」((一財)全国地質調査業協会連合会)

6) 特記情報等

そのほか必要に応じて記載する情報等のことである。

3.4 地質・土質モデルの作成手順

地質・土質調査業務実施時又は設計・施工中に作成される各種の地質・土質モデル作成手順（例）について記載する。次図に地質調査業務実施時の作業フロー（案）及び設計・施工中の標準的な作業フロー（案）を示す。

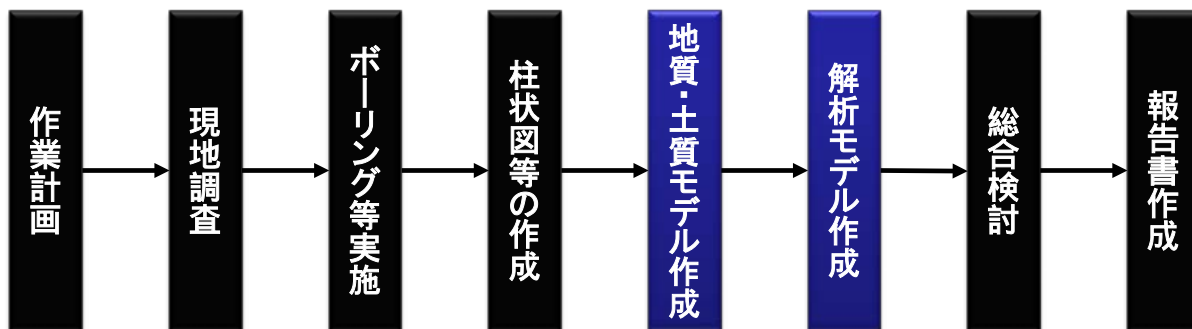


図 62 地質調査業務実施時の作業フロー

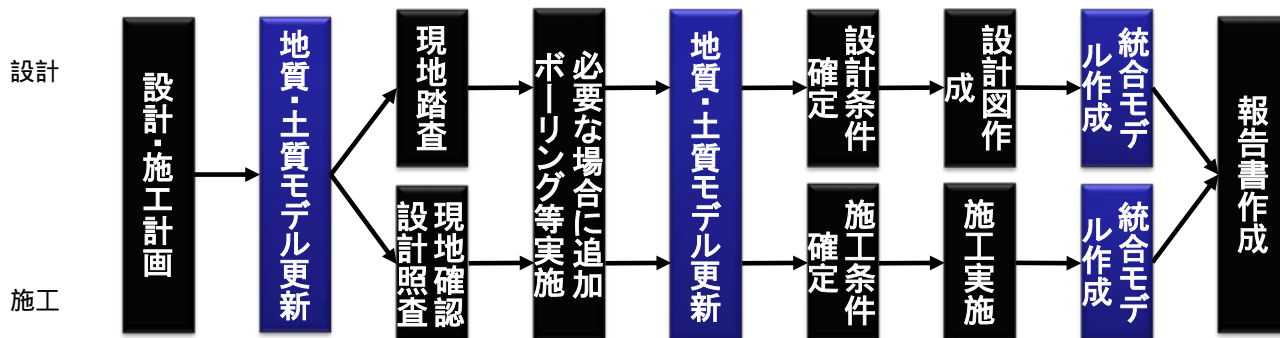


図 63 設計・施工中の作業フロー

3.4.1 座標の取扱についての留意事項

地質・土質モデルの作成時における座標系と位置の精度に関する留意事項について、「3次元地盤モデル作成の手引き 平成28年11月」((一社)全国地質調査業協会連合会・(一財)日本建設情報総合センター)を参考に、次のとおりとする。

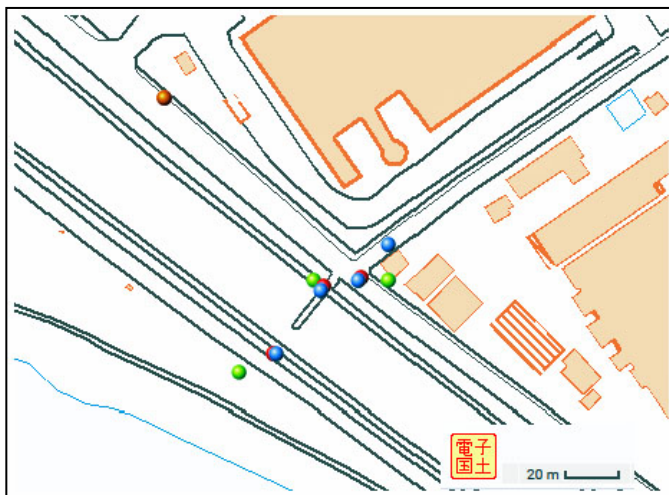
座標系は「平面直角座標系」とする。

ボーリング交換用データの場合、孔口の位置情報は緯度・経度であるため、地質・土質モデルを作成する際には、平面直角座標系に変換して利用する。

地質・土質モデルを作成する場合、ボーリングデータの位置座標の読み取り精度は、対象とする範囲、地質・土質モデルの作成段階、利用目的などを勘案して最も適切な精度を確保する。

次図は、読み取り精度による位置の差を模式的に示したものである。

赤色マーカーの読み取り精度 1/100 秒と青色マーカーの精度 1/10 秒では、マーカーの直径の半分程度の差が見られる。緑色マーカーの精度 1 秒では4孔のうち3孔しか表示されておらず、茶色マーカーの精度 10 秒では1孔しか表示されていない。このことは、読み取り精度によって、複数孔の位置座標が同じになったことを意味している。この事例は、ボーリングデータを後の工程で再利用する場合や地盤情報データベースを構築する際には重大な支障となる。ボーリングデータについて、報告書等で信頼性を把握した上で利用する。信頼性を確認出来た場合にはそのまま利用、位置座標を修正できるには修正後のデータを利用、確認・修正をできない場合には利用しない。



読み取り精度(度・分・秒)

赤 : 1/100 秒

青 : 1/10 秒(1m~2m ずれる)

緑 : 1 秒(2孔が同じ位置に)

茶 : 10 秒(4孔全てが同じ位置に)

図 64 緯度・経度の読み取り精度について(模式図)

出典:「3次元地盤モデル作成の手引き 平成28年11月」
((一社)全国地質調査業協会連合会、(一財)日本建設情報総合センター)

3.4.2 ボーリングモデル

地質・土質調査業務で実施されたボーリング調査結果から必要な情報を抽出することによって、次に記載するデータ構成（例）に基づいて、全てのボーリング柱状図に対し、ボーリングモデルを作成する。必要な情報は、『地質・土質調査成果電子納品要領 第4編 3-3-6 地質情報』の「地質情報」及び『ボーリング柱状図作成及びボーリングコア取扱い・保管要領（案）・同解説』に準拠する。

(1) データ構成（例）

ボーリングモデルのデータ構成を次表に示す。ボーリングモデルの標準的なデータ構成イメージを次図に示す。

表 29 ボーリングモデルのデータ構成（例）

情報名	説明
形状情報	・ 事業や工事単位等で設定した孔径による地層毎の深度の円柱モデル
属性情報	・ ボーリング名や柱状図の種類、緯度及び経度（座標位置）などの基本情報 ・ 層序の工学的地質区分名に応じたカラーコード、孔内水位、N値などの地質情報

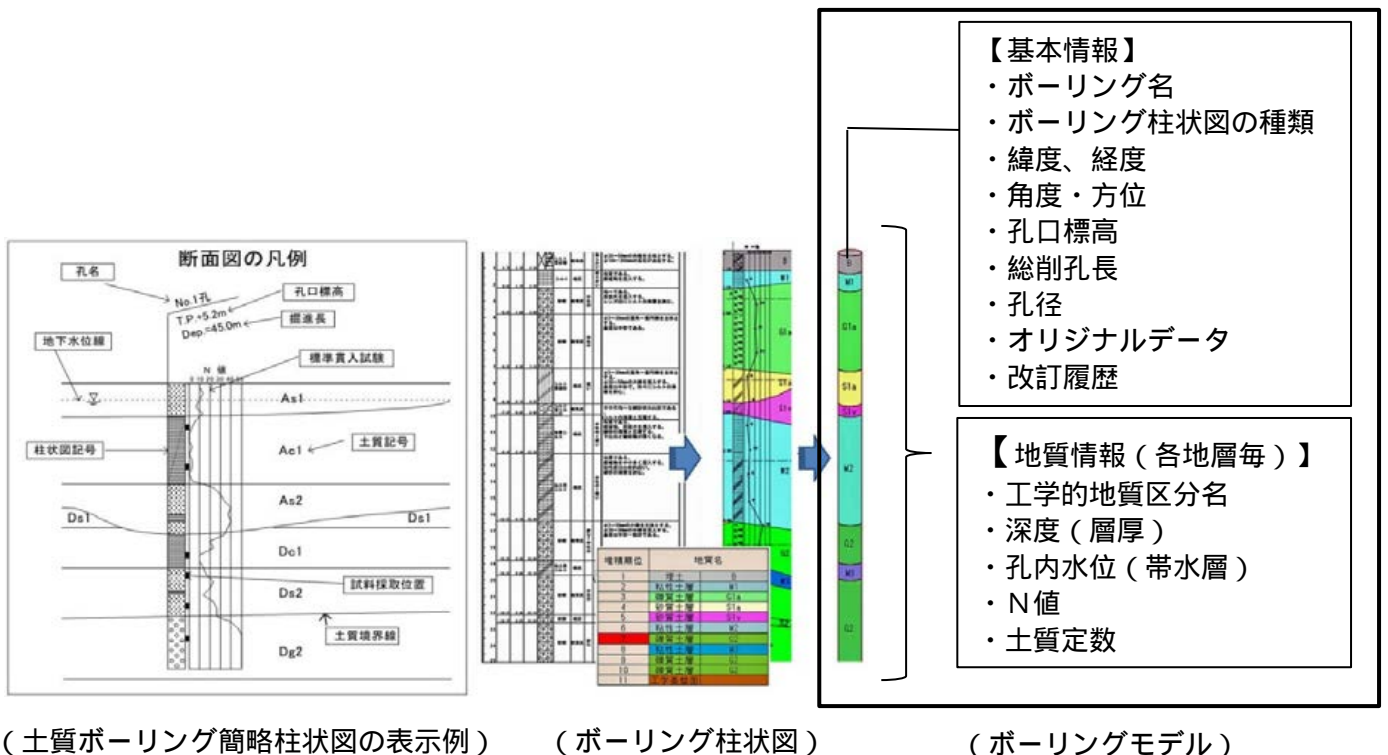


図 65 ボーリングモデルのデータ構成イメージ

出典：「3次元地盤モデル作成の手引き 平成28年11月」
 ((一社)全国地質調査業協会連合会 (一財)日本建設情報総合センター)

(2) 属性情報(例)

ボーリングモデルの属性情報(例)を以下に示す。また、工学的地質区分名に対する表示色の例を示す。ボーリングモデルの属性情報は、3次元地盤モデルの属性情報としても活用することができる。

表 30 ボーリングモデルの属性情報(例)

	項目	概要	参照規格等
基本情報	ボーリング名	ボーリング名は、調査現場における1連番号等によって系統的に記入する。	()
	ボーリング柱状図の種類	土質・岩盤ボーリングの区分を明示。	()
	緯度及び経度(座標位置)	緯度及び経度は、原則として世界測地系の度、分、秒で記入する。秒については、取得方法及び精度に応じて、小数点以下4桁まで記入する。	()
	角度・方位	角度は、ボーリングの削孔方向の鉛直成分が鉛直線となす角度を記入する。方位はボーリングの削孔方向の水平成分について記入し、削孔の方向を真北から右回り360度方位法で示す。	()
	孔口標高	孔口標高は、測量結果に基づき1/100m単位まで記入する。原則T.P.とする。	()
	総削孔長	総削孔長は、削孔したボーリングの全長を1/100m単位まで記入する。	()
	孔径	削孔孔径をmm単位で記入する。	()
	オリジナルデータリンク	地質情報管理ファイル(BORING.XML)などから抽出した管理情報。	
	改訂履歴	実施期日、理由、実施者氏名等。	
地質情報	工学的地質区分名	JIS規格に基づき色分けを行う。 表 31 「工学的地質区分名と表示色の例」を参照。	()、 JIS A 0206:2013
	深度(層厚)	工学的地質区分名などの境界毎に孔口からの距離を基に記入する。	()
	孔内水位	孔内水位は、毎日の作業開始時の孔内水位を記入し、測定月日を併記する。	()
	N値	N値は、試験深度、100mmごとの打撃回数及び打撃回数/貫入量を記入する。	()、 JIS A 1219:2013
	土質定数(土質試験結果)	ボーリングコア等を用いて土質試験を実施して取得した物理特性(粒度分布等)、力学特性(圧密係数、1軸圧縮強さ、粘着力、内部摩擦角)等の土質定数を併記する。	JIS A 1216:2009 等

() ボーリング柱状図作成及びボーリングコア取扱い・保管要領(案)・同解説

表 31 工学的地質区分名と表示色の例

工学的地質区分名	表示色
砂岩泥岩互層	240230140 (カーキ)
風化花こう岩	255000255 (マゼンダ)
泥質片岩、黒色片岩	169169169 (ダークグレイ)
シルト	000255255 (シアン)
沖積層	128128000 (オリーブ)
盛土	240230140 (カーキ)
B層	255255224 (ライトイエロー)
断層破碎帯	255069000 (オレンジレッド)

出典：JIS A 0206:2013 から整理

(3) ファイル形式 (例)

次表にボーリングモデルのファイル形式を示す。

表 32 ボーリングモデルのファイル形式

データ種類	ファイル形式 (例)	備 考
管理情報	オリジナルファイル、CSV	表計算ソフト等の仕様による
形状情報	オリジナルファイル、CSV	地質・土質モデル作成ソフトウェアやビューアの仕様による
属性情報	オリジナルファイル、CSV	属性管理ツールの仕様による

3.4.3 テクスチャモデル

テクスチャモデルとは、地形モデルに地質平面図などを貼り付けた(テクスチャマッピング)モデルのことである。

テクスチャモデルの主な対象図面は、地質平面図、空中写真、斜面スケッチ、SAR (Synthetic Aperture Radar：合成開口レーダー) などによる変動図、ハザードマップ(計測震度、液状化危険度、洪水、津波、土砂災害警戒区域、火山) などである。

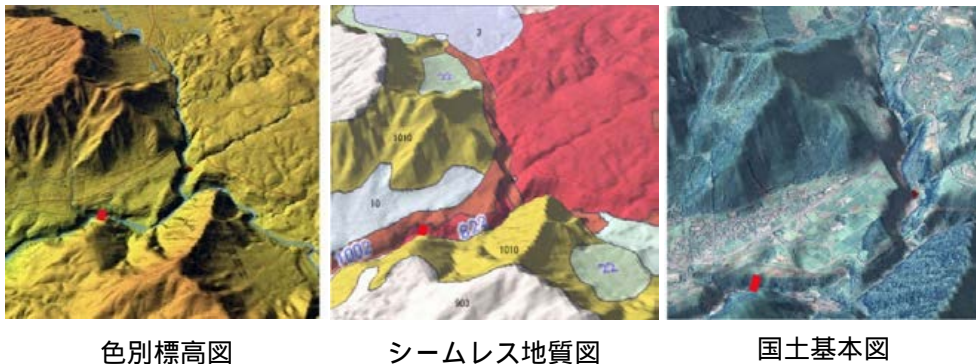


図 66 テクスチャモデルの例

(1) データ構成(例)

テクスチャモデルのデータ構成例を次表に示す。

表 33 テクスチャモデルのデータ構成(例)

情報名	説明
管理情報	<ul style="list-style-type: none"> ・形状情報と属性情報を管理するためのデータ。 ・テクスチャモデル全体の形状に関する情報、座標系に関する情報やファイル形式などの情報、など。 ・テクスチャモデルを作成するために参照した地質図や現地調査結果に関する情報、など。
形状情報	<ul style="list-style-type: none"> ・サーフェス自体と、それに貼り付けるテクスチャデータの各形状から構成される。 ・テクスチャデータは、イメージデータのみとして扱う。
属性情報	<ul style="list-style-type: none"> ・形状情報に関連づけられた地質情報などである。 ・形状情報がイメージデータのため、可能であれば使用するカラーコード(RGB形式)を属性情報として保存する。

(2) 管理情報(例)

次表に示すテクスチャモデルの管理情報は、目的や種類などによって、必要に応じて抽出する。

表 34 テクスチャモデルの管理情報（例）

情報名	内 容
管理情報	事業名、調査名、調査者名、調査担当者名、調査開始期日、調査終了期日、平面図等の境界座標 ¹⁾ 、地質情報名 ²⁾ 、オリジナルデータリンク ³⁾ 、形状情報ファイル名、属性情報ファイル名、ジョイントデータファイル名、改訂履歴（実施期日、理由、実施者氏名等）

注記事項

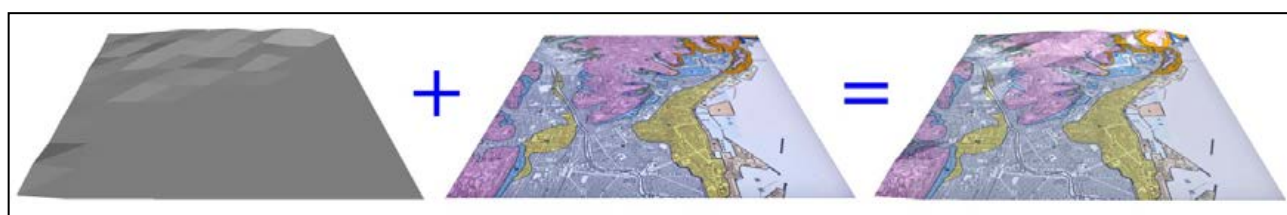
- 1) 座標：緯度・経度、平面直角座標系の系番号と X（南北）座標・Y（東西）座標。
- 2) 地質情報名：地層岩体区分など、属性情報の地質情報名と同じ内容。
- 3) オリジナルデータリンク：以下の各管理ファイルから抽出した管理データ。例えば、地質情報管理ファイル（BORING.XML）、ボーリングコア写真管理ファイル（COREPIC.XML）、土質試験及び地盤調査管理ファイル（GRNDTST.XML）、その他管理ファイル（OTHRFLS.XML）、報告書管理ファイル（REPORT.XML）、図面管理ファイル（DRAWING.XML）。

(3) 形状情報（例）

テクスチャモデルの形状情報は、地形モデルに貼り付けるイメージテクスチャのデータセットのみとするため、平面図に類するものであれば全て取り扱うことができる。

形状情報について、地形モデル自体が標高を所有するため、テクスチャ（平面図）の南北と東西の各座標があれば良い。CAD 又はビューアの仕様によって、「北西隅座標 - 南東隅座標の組合せ」又は「南西隅座標 - 北東隅座標の組合せ」として利用すればよい。

次図は、地形モデル及び地質平面図データからテクスチャモデルを作成する方法（イメージ）である。



（左）地形モデル

（中）テクスチャ（表層地質図）

（右）テクスチャモデル

図 67 テクスチャモデルの作成イメージ

出典：「3次元地盤モデル作成の手引き 平成 28 年 11 月」
 ((一社) 全国地質調査業協会連合会 (一財) 日本建設情報総合センター)

テクスチャモデルにおける形状情報の作成（例）を次に示す。

地表面の 3 次元データとして企画・計画段階では、国土地理院から公開されている基盤地図情報数値標高モデル 5m メッシュ標高、10m メッシュ標高等を使用する。(1)

調査段階では、測量段階の成果品又は調査に付随して実施した UAV 測量（ 2 ）などによる精密 DEM（ Digital Elevation Model、数値標高モデル）又は DTM を使用する。

テクスチャデータとして、対象区域をカバーする範囲の地質平面図などの平面図データ又はイメージデータを用意し座標系を付与する。

テクスチャデータが写真又はスキャナによってラスターデータ化された図面の場合は、オルソ処理を行って、形状情報との位置のずれが最小限に収まるよう十分注意する。

4角又は3角の面（ワイヤーフレームモデル）へ平面図データを貼り付けて表示（テクスチャマッピング）することによって、地形の3次元的形状を表現することができる。

（ 1 ）基盤地図情報・数値標高モデル 5m メッシュ標高・10m メッシュ標高の利用に際しては、緯度経度座標系で作成されているため、測地座標系として世界測地系 2011 とし、投影座標系として平面直角座標系に変換して利用する。留意事項については、「2.4 測量における用語の解説と留意点」を参照すること。

（ 2 ）「UAV を用いた公共測量マニュアル（案）平成 28 年 3 月」（国土交通省国土地理院）を用いる事で、精度良く地形データを作成可能である。

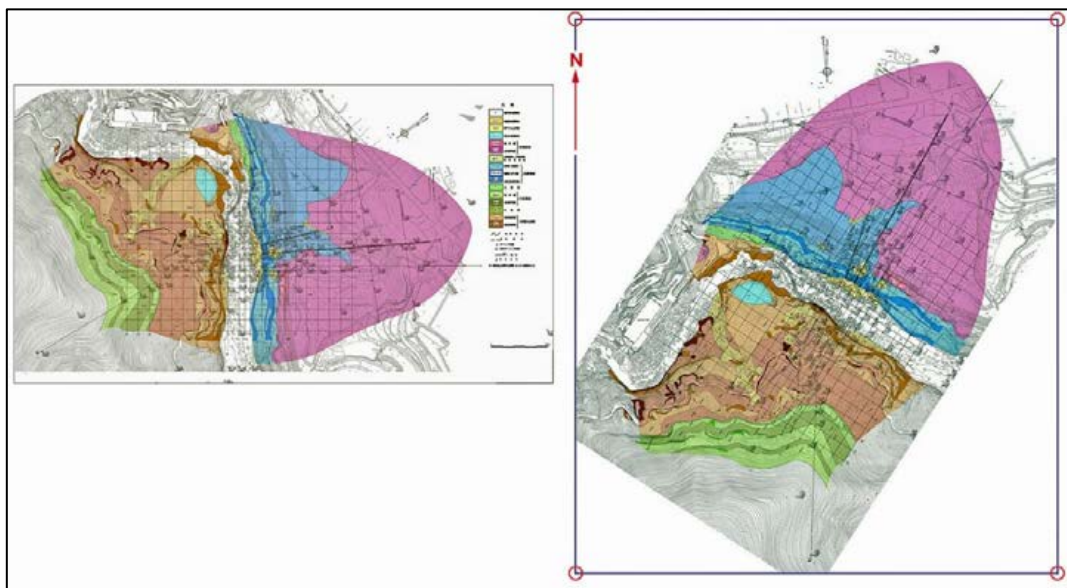


図 68 テクスチャモデルの作成（イメージ）

出典：「3次元地盤モデル作成の手引き 平成 28 年 11 月」
 （（一社）全国地質調査業協会連合会（一財）日本建設情報総合センター）

（4）属性情報（例）

テクスチャモデルの属性情報を次表に示す。

表 35 テクスチャモデルの属性情報（例）

情報名（例）	内 容
地質情報	共通IDコード ¹⁾ 、深度、地質情報名 ²⁾ 、カラーコード - 地質情報対比データ ³⁾ 、特記事項

注記事項

- 1) 共通 ID コード：CIM の全段階を想定すると良い。
- 2) 地質情報名：地質平面断面図の凡例に記載されている地質情報のことであって、具体的には地層・岩体区分名、地質構造、風化帯区分、変質帯区分及び地質学的属性などである。見本として、地質平面断面図の凡例を次図に示す。
- 3) カラーコード - 地質情報対比データ：テクスチャモデルに使用する地質図などが単色に塗り分けられている場合、ビューアがポイントごとのカラーコードを読み取ることができるならば、対比表によって属性値を判別することが可能となる。

地質時代	地層・岩体名	記号	岩石名及び記事	
新生代	第四紀 全新世	崖錐堆積物	△ △ △ tl △ △ △ △ △ △	シルト混り砂を基質とする未固結の角～亜角礫
	新第三紀 中新世	湯長谷層群 水野谷層	Ya	砂岩・泥岩互層
		五安層	Ys	石英粒から成る中粒塊状砂岩
	古第三紀 漸新世	白水層群 白坂層	Sm	塊状泥岩
石城挾炭層		Ss	暗灰色中粒砂岩	
中生代	後期 双葉層群	足沢層	Fg	礫岩 (上部は細粒砂岩)
	白亜紀 前期	花崗岩	Gr	中粒の黒雲母 花崗閃緑岩

図 69 地質平面図の凡例

表 36 テクスチャモデル（地質平面図）の属性情報（例）

ID	堆積順位	地質時代			地層・岩体区分		記号	カラーコード
		新生代	新第三紀	中新世	湯長谷層群	水野谷層		
Gmap-007	7	新生代	第四紀			崖錐堆積物	tl	D9D9D9
Gmap-006	6	新生代	新第三紀	中新世	湯長谷層群	水野谷層	Ya	FFFF99
Gmap-005	5	新生代	新第三紀	中新世	湯長谷層群	五安層	Ys	FF99FF
Gmap-004	4	新生代	古第三紀	漸新世	白水層群	白坂層	Sm	3399FF
Gmap-003	3	新生代	古第三紀	漸新世	白水層群	石城挾炭層	Ss	339933
Gmap-002	2	中生代	白亜紀	後期	双葉層群	足沢層	Fg	009900
Gmap-001	1	中生代	白亜紀	前期		花崗岩	Gr	996633

(5) ファイル形式（例）

ファイル形式を次表に示す。

表 37 テクスチャモデルのファイル形式（例）

データ種類	ファイル形式（例）	備考
管理データ	オリジナルファイル、CSV	表計算ソフト等の仕様による
形状データ	オリジナルファイル、CSV	地質・土質モデル作成ソフトウェアやビューアの仕様による
テクスチャデータ	JPEG、PNG、TIFF	イメージデータ
属性データ	オリジナルファイル、CSV	属性管理ツールの仕様による

3.4.4 準3次元地質断面図モデル

準3次元地質断面図モデルは、従来から作成されている地質断面図、速度層断面図や地山条件調査結果図などを基にして、CIM対応に必要な3次元空間情報を付加した形状情報（オブジェクト）と、地質情報などを付加した属性情報から構成される。

準3次元地質断面図モデルとして扱う内容（例）及び準3次元地質断面図モデルの作成例を以下に示す。

表 38 準3次元地質断面図モデルとして扱う内容（例）

種類	特記事項
図面類（共通）	<ul style="list-style-type: none"> ・地質・土質調査成果電子納品要領に準拠して作成された地質断面図等のデータ。 ・3次元CADツールやビューアを使用して3次的に表現できるように必要な空間情報が付与されていること。
地質断面図	<ul style="list-style-type: none"> ・層序に基づく断面図。 ・土質断面図やボーリング集合柱状図などを含む。
物性値断面図	<ul style="list-style-type: none"> ・速度層断面図や比抵抗層断面図など。
総合解析断面図	<ul style="list-style-type: none"> ・地質区分、岩級区分、地下水面、ルジオン値や速度値などを総合的に評価して作成される断面図。

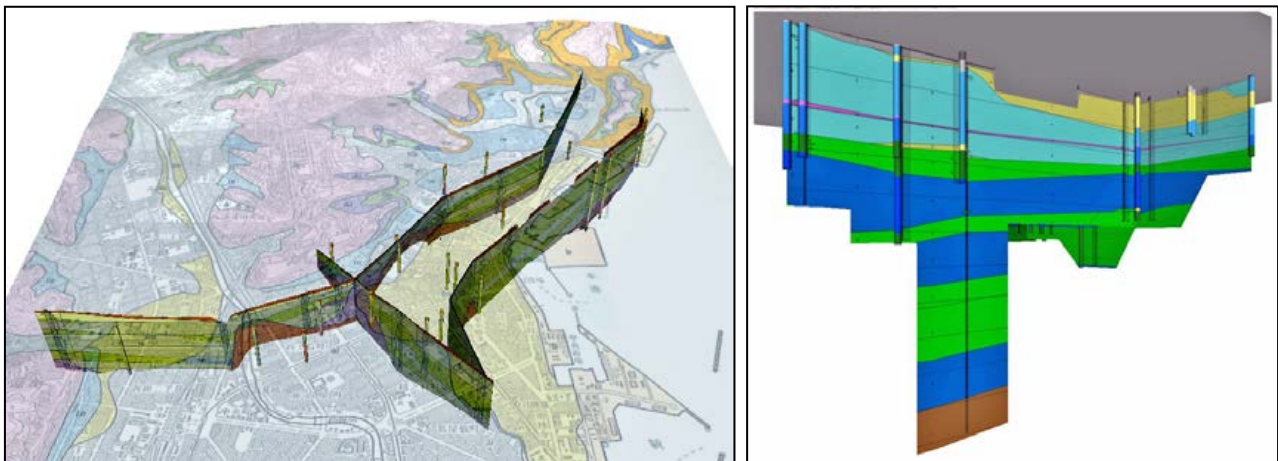


図 70 準3次元地質断面図モデル例

出典：JACIC 研究助成「CIMに対応するための地盤情報共有基盤ならびに3次元地盤データモデル標準の検討 研究報告書 平成28年8月」((一社)全国地質調査業協会連合会)

(1) データ構成（例）

データ構成例を次表に示す。

表 39 準 3 次元地質断面図モデルのデータ構成例

情報名	説 明
管理情報	<ul style="list-style-type: none"> ・形状情報と属性情報を管理するためのデータ。 ・準3次元モデル全体の形状に関する情報、座標系に関する情報やファイル形式などの情報、など。 ・準3次元断面図を作成するために参照したボーリングデータや現地調査結果（データ）などに関する情報、など。
形状情報（CAD）	<ul style="list-style-type: none"> ・3次元CADで作成された地質断面図データのこと。 ・2次元CADで作成された地質断面図データ（SXFなど）の場合は、3次元CADによって平面直角座標系の座標値を付与する必要がある。この場合、断面線の始点、終点と全ての屈曲点の平面直角座標値及び2次元CADのローカル座標値を関連付けたデータが必要となる。
形状情報（イメージ）	<ul style="list-style-type: none"> ・テクスチャデータとは、断面図枠（サーフェス）に壁紙のように貼り付けられる図面データのこと。
属性情報	<ul style="list-style-type: none"> ・形状情報に関連づけられた地質情報などである。 ・CADデータの場合は、3次元的座標を持つポリゴン、ポリラインやポイントに属性を付与し、それらを1つのテーブルとしてまとめる。 ・形状情報がイメージデータの場合は、可能であれば使用するカラーコード（RGB形式）に対応する属性情報を保存する。

(2) 管理情報（例）

次表に示す管理情報は、CIM 対象業務の目的や種類などによって、必要に応じて抽出する。

表 40 準 3 次元地質断面図モデルの管理情報（例）

情報名（例）	内 容
管理情報	事業名、調査名、調査者名、調査担当者名、調査開始期日、調査終了期日、断面図等の始点座標 ¹⁾ 、断面図等の終点座標 ¹⁾ 、断面図等の屈曲点座標 ¹⁾ 、地質情報名 ²⁾ 、オリジナルデータリンク ³⁾ 、形状情報ファイル名、属性情報ファイル名、ジョイントデータファイル名、改訂履歴（実施期日、理由、実施者氏名等）

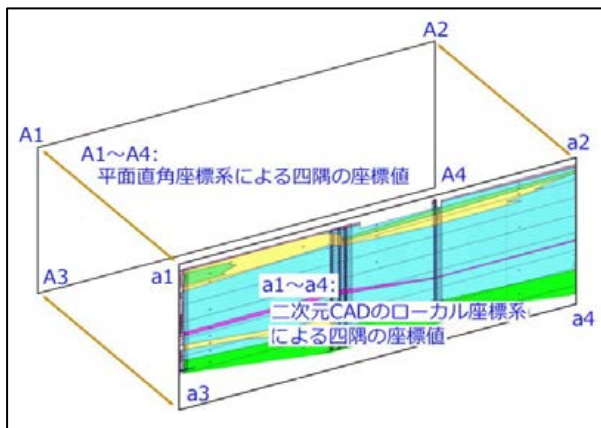
注記事項

- 1) 座標：緯度・経度、平面直角座標系の系番号と X（南北）座標・Y（東西）座標。
- 2) 地質情報名：地層岩体区分など、属性情報の地質情報名と同じ内容。
- 3) オリジナルデータリンク：テクスチャモデルの管理情報と同じ。

(3) 形状情報（例）

準 3 次元地質断面図モデルの形状情報として、以下の 2 種類を例示する。

- ① 3 次元 CAD：3 次元座標（平面直角座標）を使用して、準 3 次元地質断面図モデルを作成する。
- ② 2 次元 CAD：従来どおり 2 次元ローカル座標値を使用して断面図を作成する。別途、実空間座標値（平面直角座標値）との関係表を作成し、両者の関係を別途 CSV ファイル等に保存する（次図参照）。



A1 ~ A4：平面直角座標系による断面図の 4 隅の座標値（断面図の余白を含む）
 a1 ~ a4：2 次元 CAD のローカル座標値(余白を含む)
 注：イメージの場合、余白は透明にするとよい

図 71 2 次元断面図と準 3 次元断面図の関係（イメージ）

出典：JACIC 研究助成「CIM に対応するための地盤情報共有基盤ならびに 3 次元地盤データモデル標準の検討 研究報告書 平成 28 年 8 月」((一社)全国地質調査業協会連合会)

(4) 属性情報（例）

次表に示す準 3 次元地質断面図モデルの属性情報は、目的や種類などによって、必要に応じて抽出する。

表 41 準 3 次元地質断面図モデルの属性情報（例）

情報名（例）	内 容
地質情報	共通IDコード ¹⁾ 、深度、地質情報名 ²⁾ 、堆積（優先）順位 ³⁾ 、特記事項

注記事項

- 1) 共通 ID コード：CIM の全段階を想定すると良い。
- 2) 地質情報名：準 3 次元断面図の断面線を描画する際に使用した地質情報のことであって、具体的には地層・岩体区分名、地質構造、風化帯区分、変質帯区分、地山等級、地山弾性波速度層区分、地下水位、湧水状況や地質学的留意点（リスク情報）などである。
- 3) 堆積（優先）順位：地層・岩体区分等で最も下位層からの堆積順位を示す番号など。

(5) ファイル形式（例）

次表に準 3 次元地質断面図モデルのファイル形式（例）を示す。

表 42 準 3 次元地質断面図モデルのファイル形式（例）

データ種類	ファイル形式（例）	備 考
管理情報	オリジナルファイル、CSV	表計算ソフト等の仕様による
形状情報	オリジナルファイル、CSV	地質・土質モデル作成ソフトウェアやビューアの仕様による
テクスチャデータ	JPEG、PNG、TIFF	イメージデータ
属性情報	オリジナルファイル、CSV	属性管理ツールの仕様による

3.5 3次元地盤モデルの作成手順

3次元地盤モデルは、地下水浸透流解析、断層・脆弱層等における近接施工の影響予測等の解析、地震動解析等の目的に応じて作成し活用するモデルである。これらのモデルを作成する場合は、解析に至った目的や用途に相応した精度を確保するために、必要な調査手法及び調査数量を十分に検討した上で、モデルを作成し活用することに留意する。更に、使用した地質情報、モデル作成方法（地質・土質モデル作成ソフトウェアの種類や地層補間アルゴリズムなど）等について、「CIMモデル作成 事前協議・引継書シート」へ記録し継承することに留意する。

以下に3次元地盤モデルを作成する際の概略フローを示す。

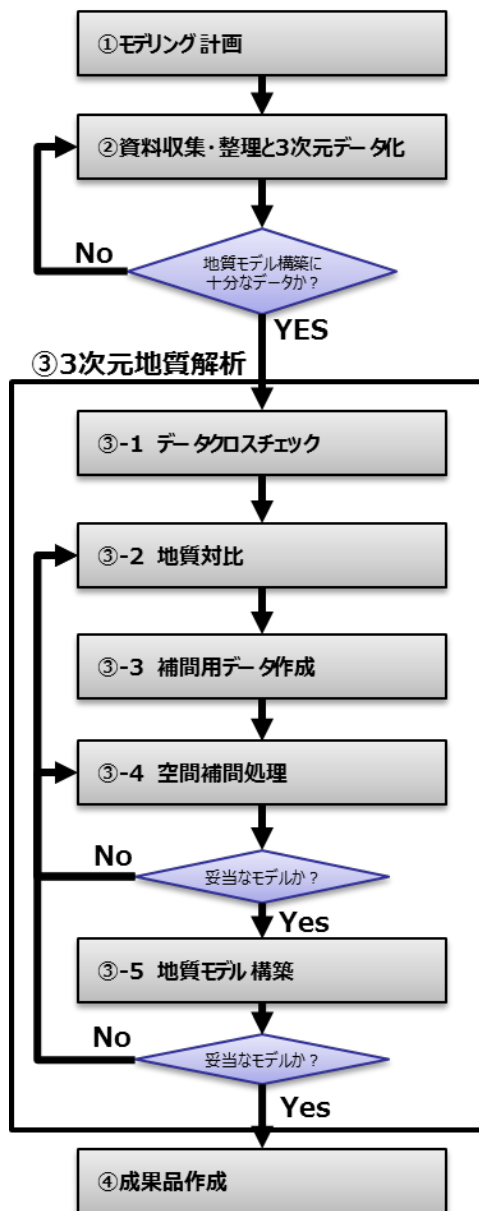


図 72 3次元地盤モデルの概略作成フロー（例）

出典：「3次元地質解析技術マニュアル Ver1.0」（3次元地質解析技術コンソーシアム）

次に、3次元地盤モデルの概略作成フロー（例）の各項目の概要を示す。

モデリング計画

事業の求める目的や用途に基づき、3次元地質モデルの対象や範囲、サーフェス・ソリッド等の種類・解像度・空間補間アルゴリズム等を検討し、3次元地質モデルの構築方法を組み立てる。

資料収集・整理と3次元データ化

モデル構築に必要な資料を収集・分類・整理し、座標情報を与えて3次元データ化する。十分なデータが揃えば、3次元地質解析に移る。

3次元地質解析

-1 データクロスチェック

データの3次元的なクロスチェックを行って不適合を抽出し、抽出した不適合を修正するか棄却する。修正及び棄却の記録を残すものとする。

-2 地質対比

3次元空間における地層の対比作業を行う。対比したデータだけで補間した形状が、地質学的にあり得ない不自然な形を示す場合、補填データを追加してサーフェスモデルの形状を自然な形にするように修正する必要がある。

-3 補間用データ作成

地質対比データから、サーフェスモデル等の計算に用いる座標データセットを抽出する。

-4 空間補間処理

空間補間アルゴリズム（ ）を適用し、3次元地質モデルを作成する。3次元モデルの形状が地質学的に妥当なものか、地質技術者が記載したモデル作成記録を作り、「CIMモデル作成 事前協議・引継書シート」に記載して、チェックするものとする。

-5 地質モデル構築

地質層序判定に基づき3次元地質モデルを作成する。必要に応じて地層ソリッドモデルやボクセルモデルを作成する。

成果品作成

構築した3次元地質モデルを用いて、地質断面・平面図などの図面出力や、データ交換用の3次元モデル作成、3次元可視化資料の作成、シミュレーションなどに用いる2次利用データ出力等を行う。

() 空間補間アルゴリズムの例を次に示す。

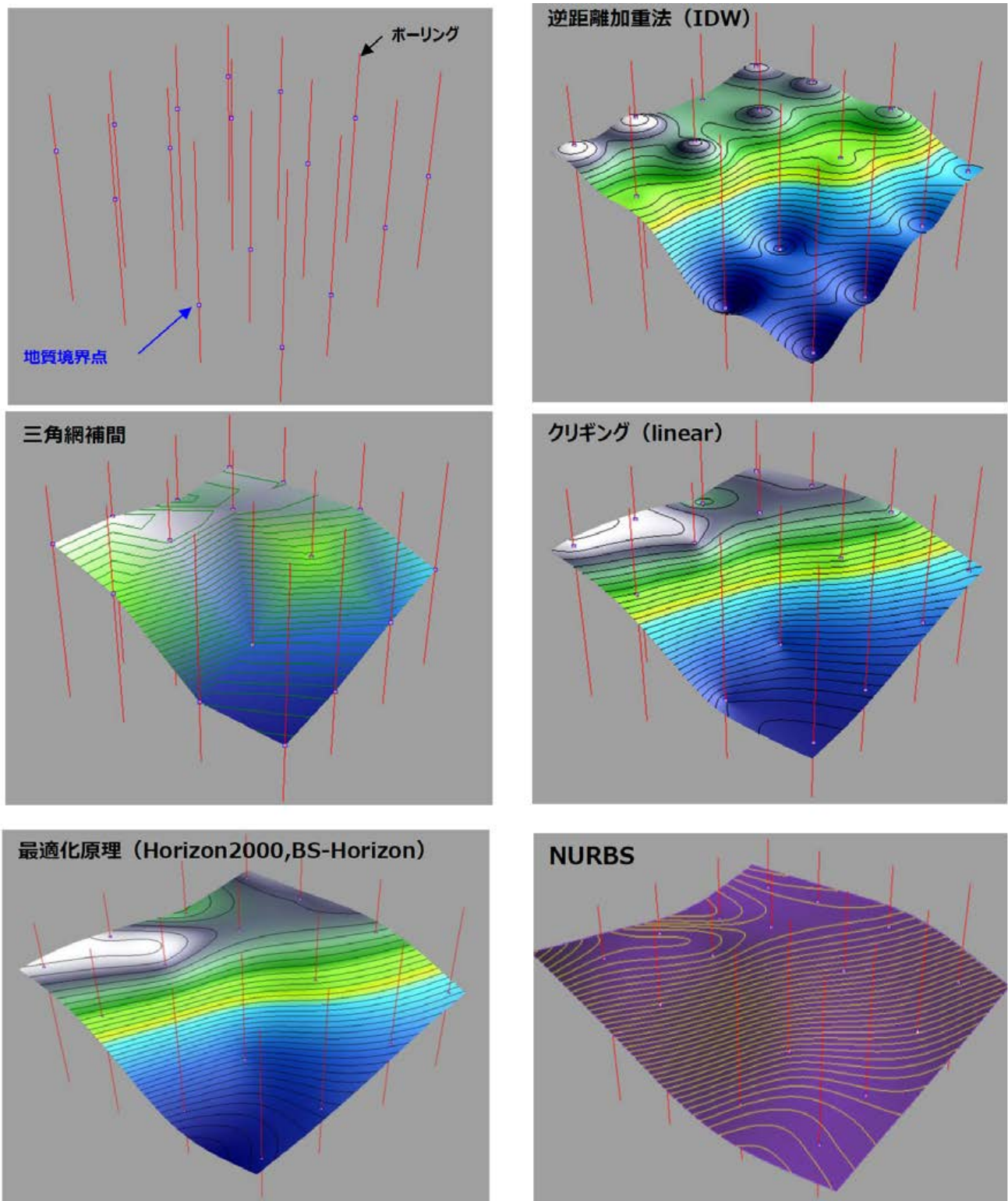


図 73 各空間補間処理手法のイメージ

出典：「3次元地質解析技術マニュアル Ver1.0」(3次元地質解析技術コンソーシアム)

全ての地質事象を一つの空間補間法で再現できない。作成するモデルの種類とデータの分布・形態に応じた、空間補間アルゴリズムの適用例を次に示す。

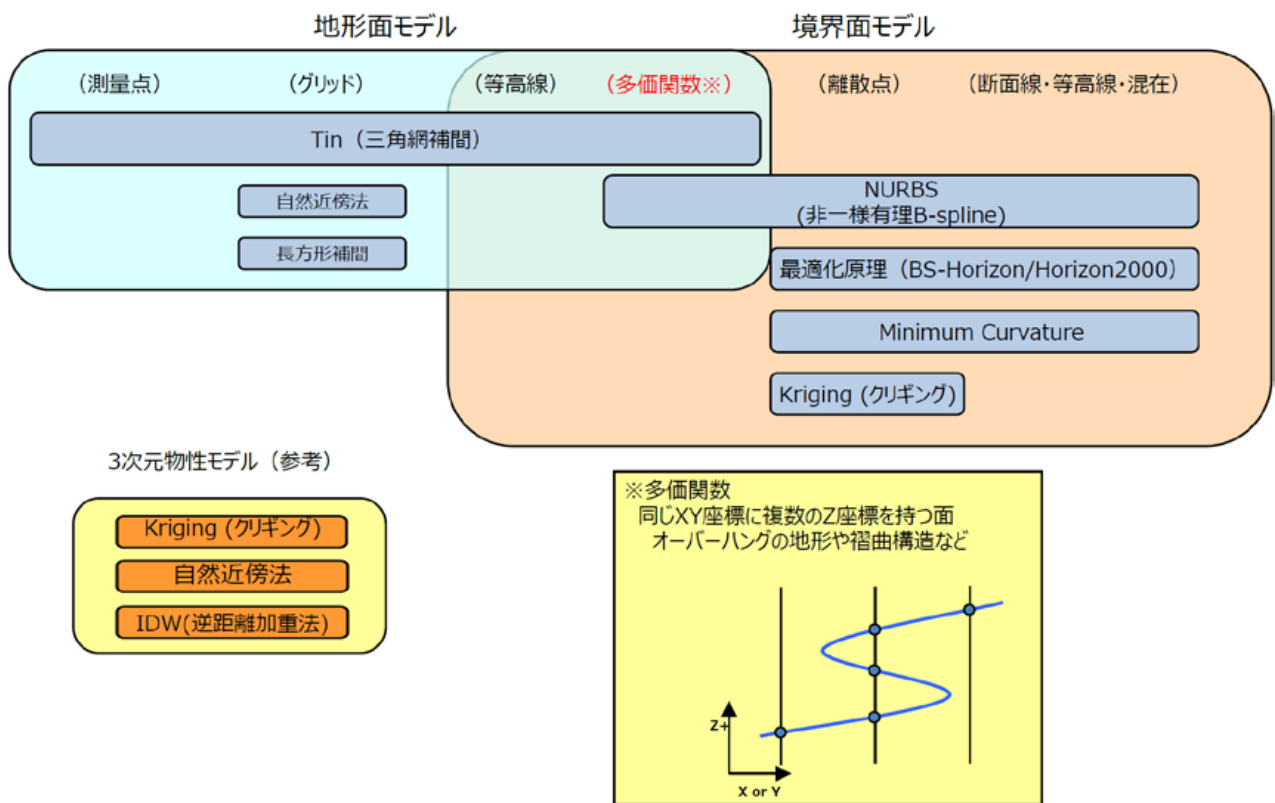


図 74 空間補間アルゴリズムの適用例

出典：「3次元地質解析技術マニュアル Ver1.0」(3次元地質解析技術コンソーシアム)を一部加工

3.5.1 作成・納品時の留意事項

3次元地盤モデルの作成・納品時の留意事項を以下に示す。なお、モデルの用途目的に応じた、モデルの作成方法については、「3.2 地質・土質モデルの種類と概要」及び次表のメリット・デメリットを参考とする。参考に準3次元地質断面図モデルを併記する。

i	解析及び考察するに至った目的及び用途に応じた精度を確保するための、必要な調査手法及び調査数量を十分に講じた上で、モデルを作成し活用する。
i	使用した地質情報、モデル作成方法（地質・土質モデル作成ソフトウェアの種類や地層補間アルゴリズムなど）等について、「CIMモデル作成 事前協議・引継書シート」へ記録し継承する。

表 43 3次元地盤モデルのメリット・デメリット

モデル種別		メリット	デメリット
【参考】 準3次元地質断面図モデル		<ul style="list-style-type: none"> ・ 構造物等と同時に表現できるため、位置関係や不整合を把握しやすい。 ・ 準3次元モデルを配置することで、地質断面図等の作図上の矛盾が比較的簡単に判明するので、地質調査成果の品質向上に寄与する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 図面の表示を工夫しないと遠い部分の細部を読み取ることが難しい。 ・ 断面を配置した箇所以外の空間的な状況がわからない。
サーフェスモデル		<ul style="list-style-type: none"> ・ 他の3次元地盤モデルに比べ、一般にデータ容量が小さく、作成時間が短い。 ・ 描画速度が速い。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1つの地盤（地層、岩盤分類、土軟硬区分等）を複数の境界面を用いないと定義/表現できない ・ 各種の標準が未整備である（データ交換形式、品質評価、技術（ソフト、スキル）の認定）
ソリッドモデル	B-Reps	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地盤（地層、岩盤分類、土軟硬区分等）を1つのモデルで定義/表現できる。 ・ 複雑な地質構造を表現可能である。 ・ 体積計算、構造物モデルとの関係計算が容易である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 各種の標準が未整備である（データ交換形式、品質評価、技術（ソフト、スキル）の認定） ・ 作成工程が増加する。 ・ データサイズが増加する。
	ボクセルモデル	<ul style="list-style-type: none"> ・ データ構造が単純、一意性を持つ空間形状、形状処理が簡単、干渉チェックが簡単、マスプロパティ計算が容易である。 ・ 表面だけでなく内部構造も表現可能である。 ・ 体積計算等が容易である。 ・ FEM解析、地下水流動や浸透流解析、地震動予測や液状化危険度判定等の分析が行い易い。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 各種の標準が未整備である（データ交換形式、品質評価、技術（ソフト、スキル）の認定） ・ サーフェスモデルに比べ、一般にデータ容量が大きく、作成時間を要する。 ・ 高精度の場合データ量が膨大、他のモデルへの変換が困難である。
	柱状体モデル	<ul style="list-style-type: none"> ・ 形状処理が簡単である。 ・ 体積計算等が容易である。 ・ 地震動予測や液状化危険度判定等の分析が行い易い。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 各種の標準が未整備である（データ交換形式、品質評価、技術（ソフト、スキル）の認定） ・ サーフェスモデルに比べ、一般にデータ容量が大きく、作成時間を要する。 ・ 高精度の場合データ量が膨大、他のモデルへの変換が困難である。

3次元地質解析における留意事項について次に列挙する。詳細は「CIMに対応するための地盤情報共有基盤ならびに3次元地盤データモデル標準の検討 研究報告書」(<https://geonews.zenchiren.or.jp/cim3d/Documents/Document.html>)を参照。

ここでは、イメージのみ示す。

孔底の地質情報を境界面推定に生かす。

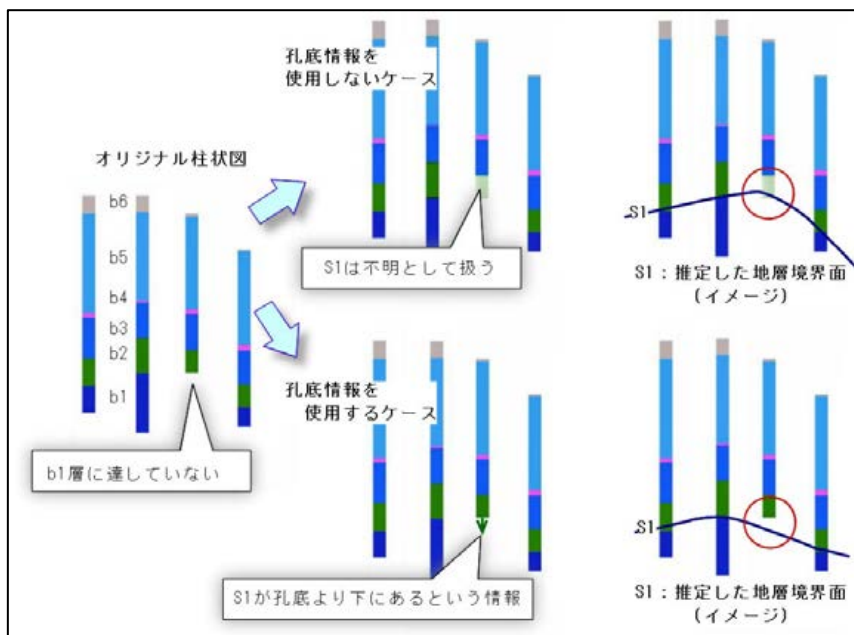


図 75 孔底の地層データを地層境界面の推定に利用する方法 (イメージ)

出典：JACIC 研究助成「CIMに対応するための地盤情報共有基盤ならびに3次元地盤データモデル標準の検討研究報告書 平成28年8月」((一社)全国地質調査業協会連合会)

論理モデルの作成が必要な場合はそのルールについて整合をとる。

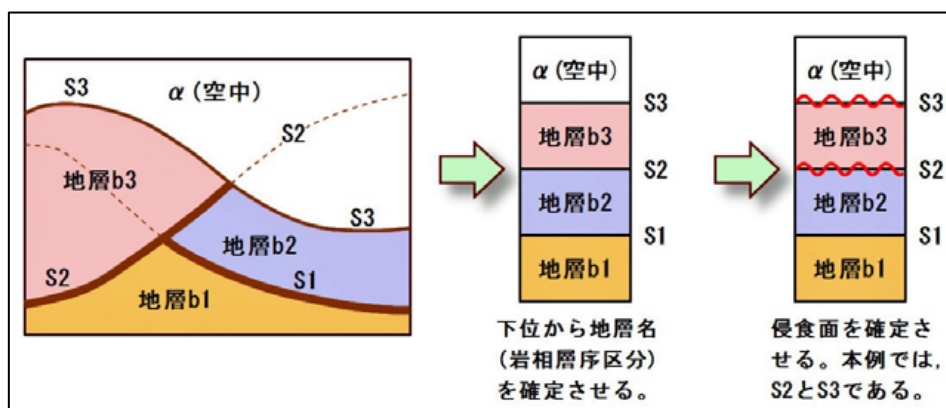


図 76 地層の論理モデルの表現方法 (例)

出典：JACIC 研究助成「CIMに対応するための地盤情報共有基盤ならびに3次元地盤データモデル標準の検討研究報告書 平成28年8月」((一社)全国地質調査業協会連合会)

地層境界面の形状を推定する上で、ボーリング数量、密度、配置、推定範囲を適切に設定する。

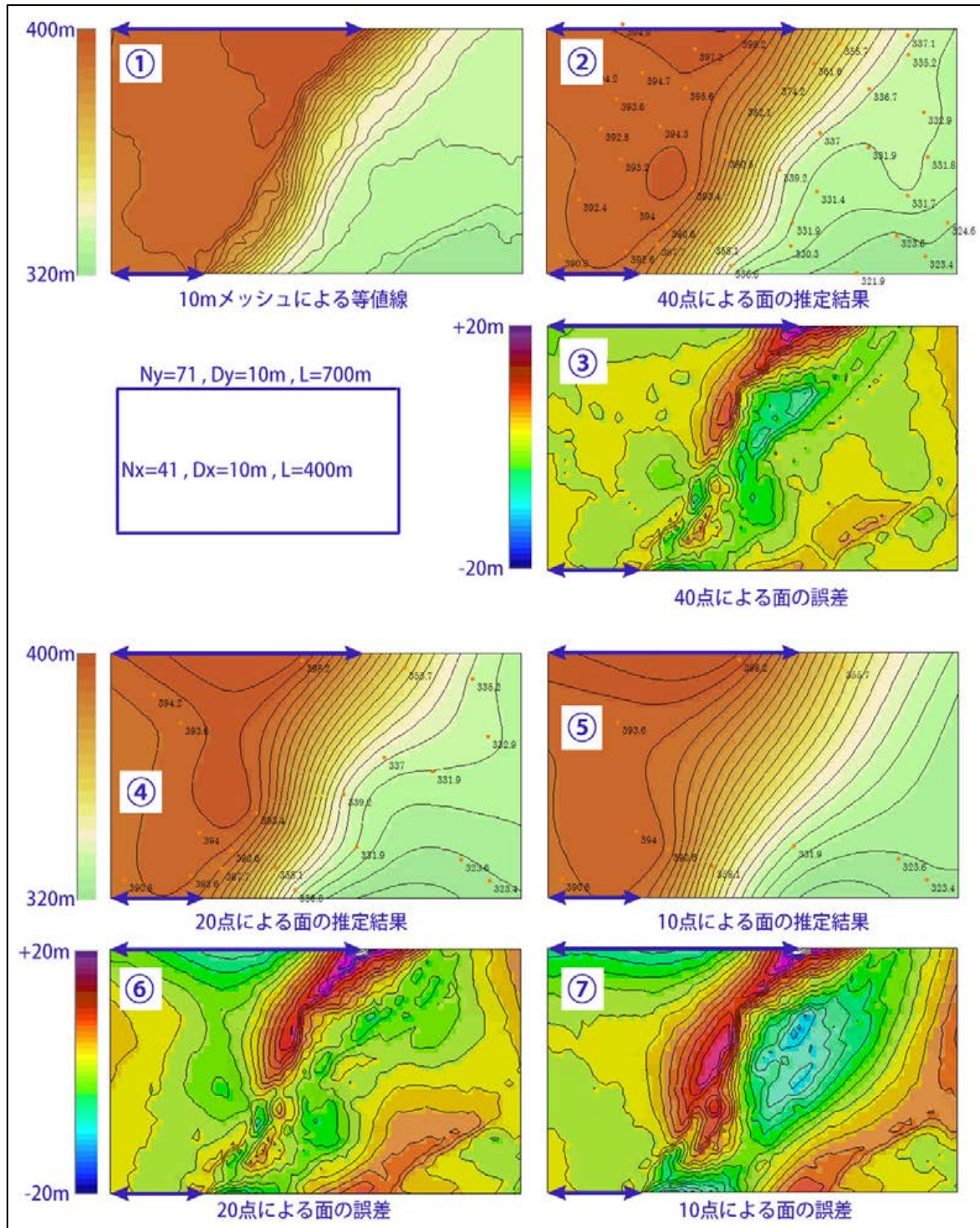
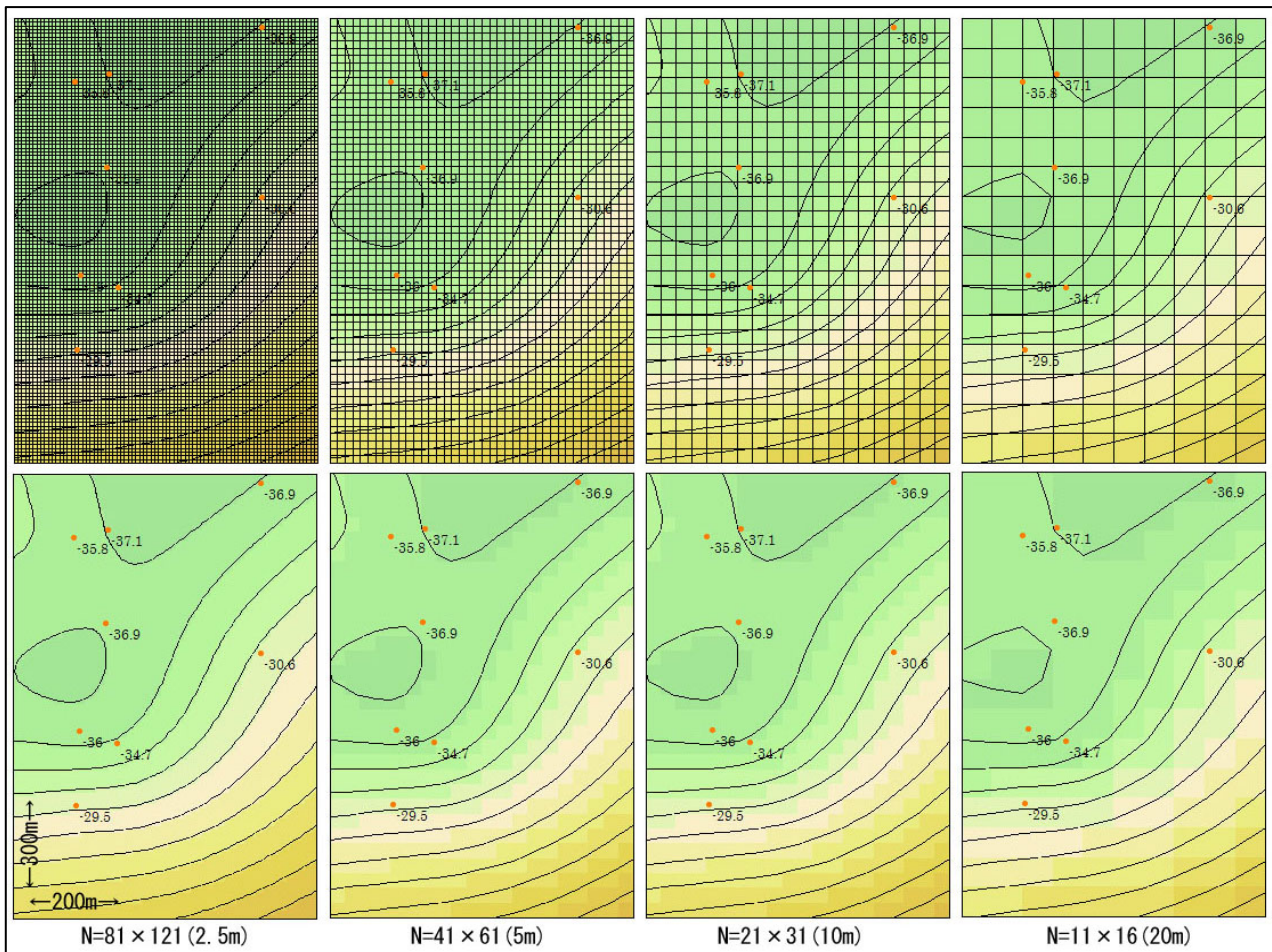


図 77 3次元曲面推定におけるボーリングの位置による影響 (イメージ)

出典：JACIC 研究助成「CIM に対応するための地盤情報共有基盤ならびに 3次元地盤データモデル標準の検討研究報告書 平成 28 年 8 月」((一社)全国地質調査業協会連合会)



200m × 300m の範囲内に 7 本のボーリング。 4 種類のメッシュサイズによる曲面推定結果

図 78 3次元曲面推定におけるメッシュ密度による影響（イメージ）

出典：JACIC 研究助成「CIM に対応するための地盤情報共有基盤ならびに 3次元地盤データモデル標準の検討研究報告書 平成 28 年 8 月」((一社) 全国地質調査業協会連合会)

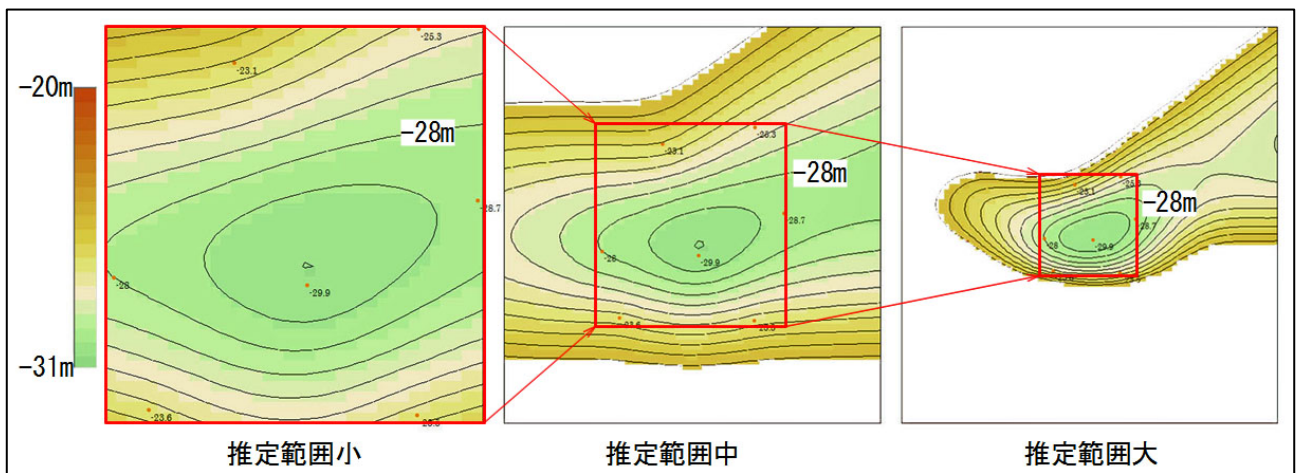


図 79 推定範囲を変化させた結果（例）

出典：JACIC 研究助成「CIM に対応するための地盤情報共有基盤ならびに 3次元地盤データモデル標準の検討研究報告書 平成 28 年 8 月」((一社) 全国地質調査業協会連合会)

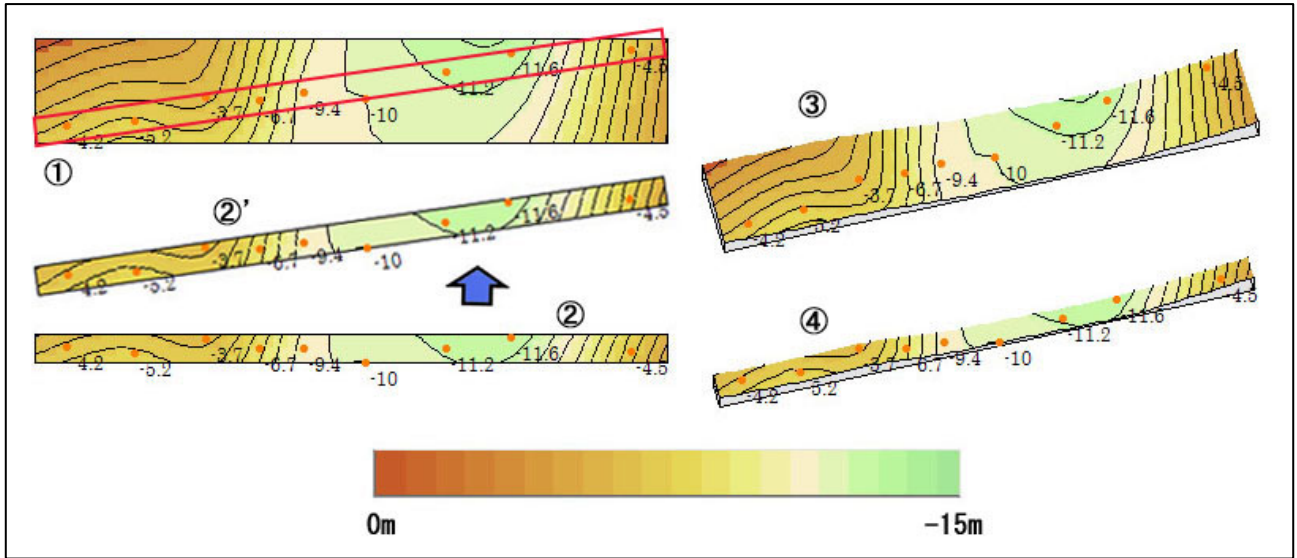


図 80 線状範囲による影響 (イメージ)

出典：JACIC 研究助成「CIM に対応するための地盤情報共有基盤ならびに 3 次元地盤データモデル標準の検討研究報告書 平成 28 年 8 月」((一社)全国地質調査業協会連合会)

現時点でサーフェスモデルの作成が難しいと考えられる地質構造が存在する。

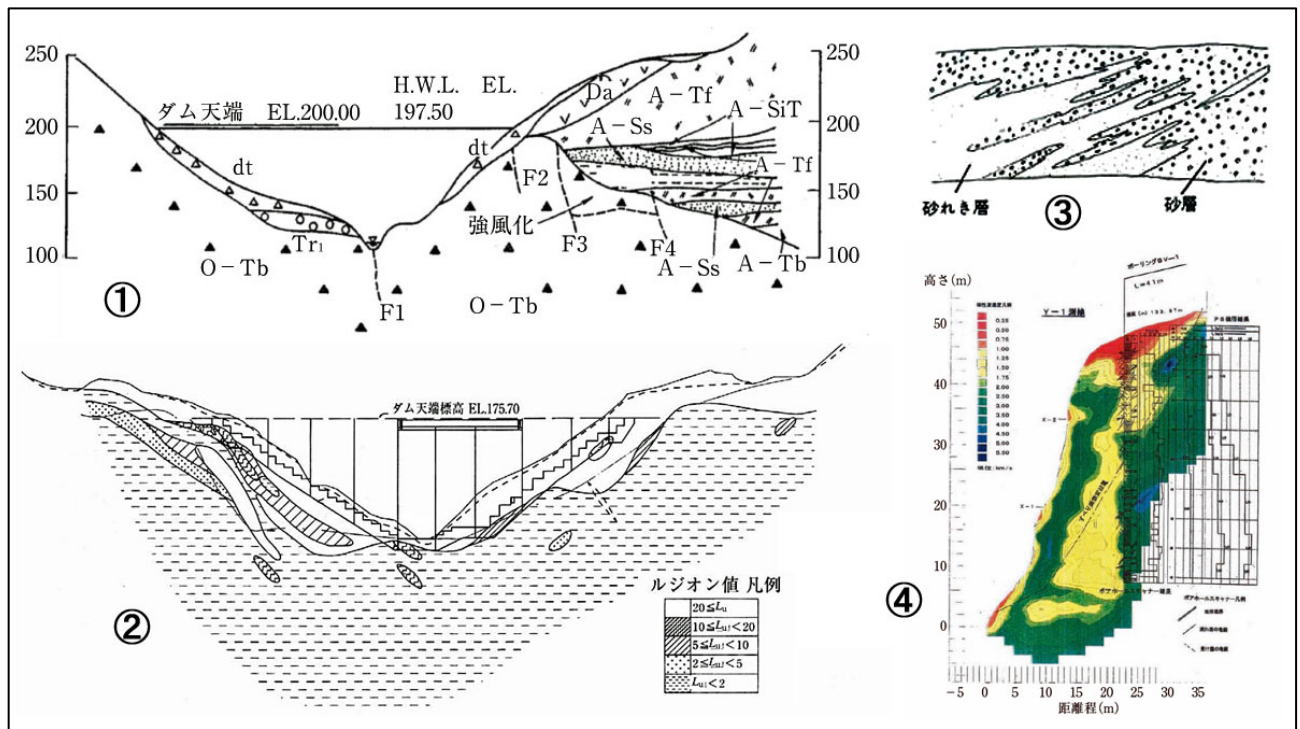


図 81 現時点でサーフェスモデルの作成が難しいと考えられる地質構造の例 (イメージ)

出典：JACIC 研究助成「CIM に対応するための地盤情報共有基盤ならびに 3 次元地盤データモデル標準の検討研究報告書 平成 28 年 8 月」((一社)全国地質調査業協会連合会)

3.5.2 サーフェスモデル（例）

サーフェスモデルは、以下のように定義するものとする。

サーフェスモデルとは、地層などの境界面のワイヤーフレームモデルに、地層、岩体区分等の属性を持つ面を貼り付けたモデル。

ワイヤーフレームの位置情報（X、Y、Z）のうち、標高（Z）は、地表踏査やボーリング等から直接的な情報が得られていない箇所については、地質学的な解釈に基づく推測値である。

サーフェスモデル、属性データや地層の論理モデルなどは、客観的データに基づいた地質技術者等の解釈と推定が伴っている。

なお、本ガイドラインでは、地形モデルに画像を貼り付けたものを「テクスチャモデル」として区別している。次表にサーフェスモデルの種類を示す。

表 44 サーフェスモデルの種類

種 類	特 記 事 項
地層境界面 （ユニット=層序） モデル	<ul style="list-style-type: none"> 地層境界をワイヤーフレームモデルとして数学的に表現し、属性データである地層区分をテクスチャとして貼り込んだモデル。 通常は、地表踏査やボーリング調査によって得られるランダム点の地層データ（岩石・土区分）から、地質技術者等が3次元地盤モデル作成ソフトウェアを使用して、地層境界面の3次元形状をワイヤーフレームモデルとして推定することが多い。 一方、様々な情報を地質学的な解釈を加えて総合的に作成された地質断面図（データ）から、任意点の境界標高を多数読み取り、そのX、Y、Zデータから3次元形状を推定する方法もあり、ボーリングデータ等だけから推定するモデルよりも、高い精度で複雑な地質モデルが推定できる可能性がある。
物性値境界面 （クラス）モデル	<ul style="list-style-type: none"> 物性値境界をワイヤーフレームモデルとして数学的に表現し、属性データである物性値区分テクスチャとして貼り込んだモデル。 物性値境界には、速度層、比抵抗層などがある。 一般的に、物理探査結果は2次元断面図（データ）として表されることが多い。3次元物理探査の場合は、解析結果から直接ソリッド・ボクセルモデルを作成することが多い。
地質評価境界面 （クラス）モデル	<ul style="list-style-type: none"> 様々な知見を基にして総合的に解析して作成した地質の評価境界をワイヤーフレームモデルとして数学的に表現し、属性データである地質評価区分をテクスチャとして貼り込んだモデル。 様々な知見とは、地質（岩種）区分、岩級区分、地下水面、ルジオン値や速度値などである。

(1) データ構成（例）

サーフェスモデルのデータ構成（例）を次表に示す。

表 45 サーフェスモデルのデータ構成（例）

情報名	説 明
管理情報	形状データ、入力情報と属性データを管理するためのデータ。 モデルを作成するために使用した入力情報、地質・土質モデル作成ソフトウェア名称、曲面推定方法、パラメータ群やファイル形式、など。 モデルを作成するために参照したボーリングや現地調査結果に関する情報、など。
形状情報 （CAD）	モデルを作成するために使用した地質構造モデルデータ。 地層の堆積と侵食を勘案して作成した論理モデルデータ。 推定計算に使用したパラメータデータ。
形状情報 （イメージ）	サーフェスデータ：曲面推定によって計算された 4 角（3 角）メッシュのデータ群。データ形式はワイヤースケッチデータと同じ。 サーフェスモデルデータ：論理モデルに従って計算された 4 角（3 角）メッシュのデータ群。
属性情報	形状データに関連づけられた地質情報、など。 3 次元座標を持つポリゴン、ポリラインやポイントに属性を付与し、それらを 1 つのテーブルとしてまとめる。

(2) 管理情報（例）

次表に示すサーフェスモデルの管理情報（例）は、CIM 対象業務の目的や種類などによって、必要に応じて抽出する。

表 46 サーフェスモデルの管理情報（例）

情報名	内 容
管理情報	事業名、調査名、調査者名、調査担当者名、調査開始期日、調査終了期日 地質情報名 ¹⁾ 、モデル各端部 ²⁾ の座標 ³⁾ 、 入力データリンク ⁴⁾ 、曲面推定方法とパラメータリンク ⁵⁾ 、 オリジナルデータリンク ⁶⁾ 、形状データファイル名、 属性データファイル名、ジョイントデータファイル名、 改訂履歴（実施期日、理由、実施者氏名等）

注記事項

- 1) 地質情報名：地層・岩体区分名など，属性情報の地質情報名と同じ内容。
- 2) 各端部：正方形や長方形の場合では四隅又は対角部分の各座標値を指し，異形の場合は全ての端部の座標値を指す。
- 3) 座標：緯度・経度，平面直角座標系の系番号と X（南北）座標・Y（東西）座標。
- 4) 入力データリンク：層序などを判定したボーリングモデルファイル。
- 5) 曲面推定方法とパラメータ：形状曲面の推定に使用した数学モデルと層相判別条件。
- 6) オリジナルデータリンク：テキストモデルの管理情報と同じ。

(3) 形状情報（例）

サーフェスモデルの形状情報を次表に示す。

サーフェスモデルのデータは、1種類ではなく、複数のデータファイル群として保存されることが多い。これらのデータ群の中での「サーフェスデータ」は形状データであり、オリジナルファイルである。

表 47 サーフェスモデルの形状情報(例)

情報名(仮称)	内 容
サーフェスデータ	・地層境界等の空間形状を推定した結果。 ・メッシュ(4角)データとTIN(3角)データがある。
パラメータデータ	・形状曲面の推定に使用した数学モデル(例、Bスプライン関数)と実際の計算に使用したパラメータ。
論理モデルデータ	・地層の層序関係等を論理的に表現するためのデータ。
サーフェスモデルデータ	・サーフェスデータと論理モデルデータから、サーフェスモデルを作成した後のデータ。

地層境界面(ユニット=層序)モデルを例として、サーフェスモデルの作成イメージを示す。

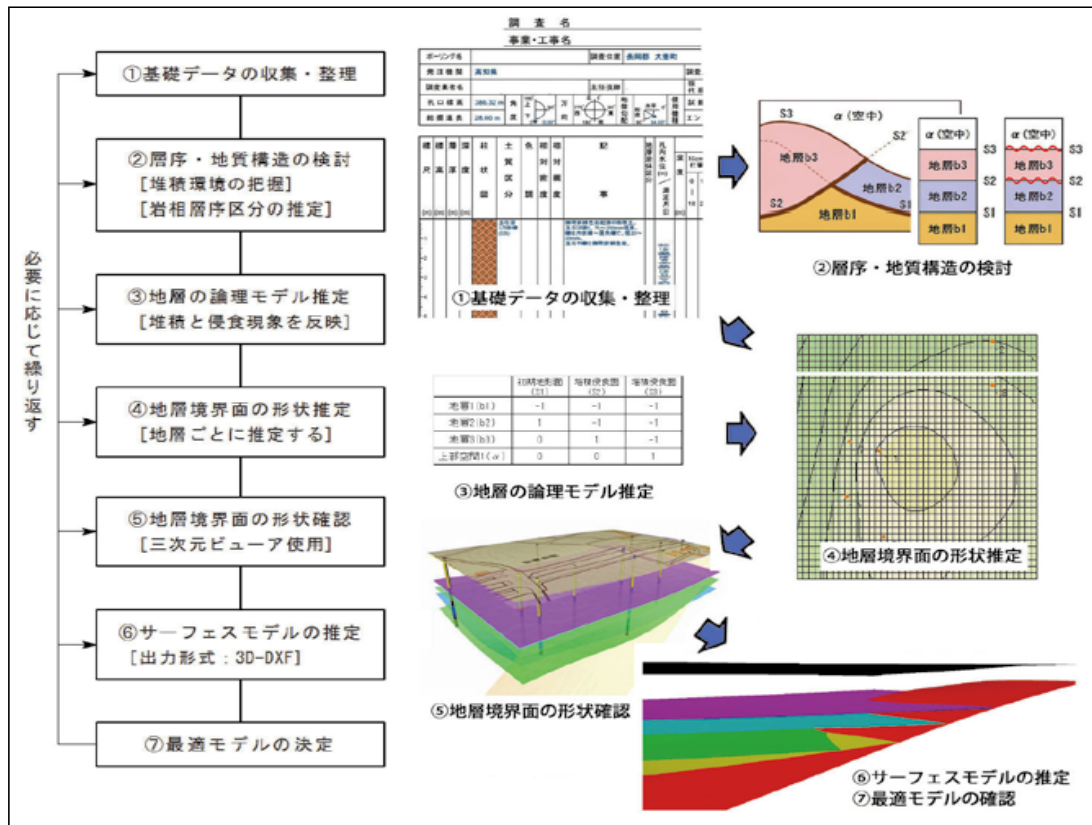


図 82 サーフェスモデルの作成イメージ

出典: JACIC 研究助成「CIMに対応するための地盤情報共有基盤ならびに3次元地盤データモデル標準の検討
研究報告書 平成28年8月」((一社)全国地質調査業協会連合会)

(4) 属性情報（例）

次表に示すサーフェスモデルの属性情報は、目的や種類などによって、必要に応じて抽出する。

表 48 サーフェスモデルの属性情報（例）

情報名（例）	内 容
地質情報	共通IDコード ¹⁾ 、深度、地質情報名 ²⁾ 、堆積（優先）順位 ³⁾ 、特記事項など

注記事項

- 1) 共通 ID コード： CIM の全段階を想定して作成する。
- 2) 地質情報名：地層境界などを区分する際に使用した情報のことであって、具体的には地層・岩体区分名、地質構造区分、風化帯区分、変質帯区分、地山等級区分、地山弾性波速度層区分、地下水位、湧水状況や地質学的留意点（リスク情報）などであるが、これらを保存したデータファイル名でもよい。堆積（優先）順位が記載されている必要がある。
- 3) 堆積（優先）順位：地層・岩体区分等で最も下位層からの堆積順位を示す番号など。

(5) ファイル形式（例）

次表にサーフェスモデルのファイル形式を示す

表 49 サーフェスモデルのファイル形式

データ種類	ファイル形式（例）	備 考
管理データ	オリジナルファイル、CSV	表計算ソフト等の仕様による。
入力データ	オリジナルファイル、CSV	地質・土質モデル作成ソフトウェアの仕様による
形状データ	オリジナルファイル、CSV	地質・土質モデル作成ソフトウェアやビューアの仕様による
属性データ	オリジナルファイル、CSV	属性管理ツールの仕様による

3.5.3 ソリッドモデル (B-Reps) (例)

ソリッドモデル (B-Reps) は、サーフェスモデルが地層、物性値等の境界面を表現しているのに対して、上面、下面、側面等の境界面とて挟まれた内部の地質情報などを付加した属性情報から構成される。

ソリッドモデル (B-Reps) の作成例を次に示す。

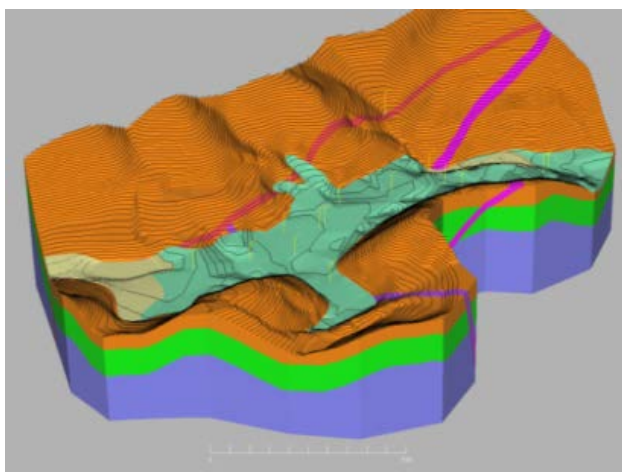


図 83 ソリッドモデル (B-Reps) (例)

出典：「3次元地質解析技術マニュアル Ver1.0」(3次元地質解析技術コンソーシアム)

(1) データ構成 (例)

ソリッドモデル (B-Reps) のデータ構成 (例) を次表に示す。

表 50 データ構成 (例)

情報名	説明
管理情報	<ul style="list-style-type: none"> 形状データ、入力情報と属性データを管理するためのデータ。 モデルを作成するために使用した入力情報、地質・土質モデル作成ソフトウェア名称、曲面推定方法、パラメータ群やファイル形式、など。 モデルを作成するために参照したボーリングや現地調査結果に関する情報など。
形状情報 (CAD)	<ul style="list-style-type: none"> モデルを作成するために使用した地質構造モデルデータ。 地層の堆積と侵食を勘案して作成した論理モデルデータ。 推定計算に使用したパラメータデータ。
形状情報 (イメージ)	<ul style="list-style-type: none"> サーフェスデータ：曲面推定によって計算された4角(3角)メッシュのデータ群。データ形式はワイヤースケルトンデータと同じ。 ソリッドモデルデータ：論理モデルに従って計算された4角(3角)メッシュのデータ群。
属性情報	<ul style="list-style-type: none"> 形状データに関連づけられた地質情報、など。 3次元座標を持つポリゴン、ポリラインやポイントに属性を付与し、それらを1つのテーブルとしてまとめる。

表 51 上面・下面を構成するサーフェスモデルの内容（例）

情報名（仮称）	内 容
サーフェスデータ	・地層等の空間形状を推定した結果。 ・メッシュ（4角）データやTIN（3角）データ等がある。
パラメータデータ	・形状曲面の推定に使用した数学モデル（例、Bスプライン関数）と実際の計算に使用したパラメータ。
論理モデルデータ	・地層の層序関係等を論理的に表現するためのデータ。
サーフェスモデルデータ	・サーフェスデータと論理モデルデータから、ソリッドモデルを作成した後のデータ。

(2) 管理情報（例）

ソリッドモデル（B-Reps）の管理情報（例）を次表に示す。CIM活用業務・工事におけるモデルの作成の目的や種類などによって、必要に応じて抽出する。

表 52 管理情報（例）

情報名（例）	内 容
管理情報	事業名、調査名、調査者名、調査担当者名、調査開始期日、調査終了期日、地質情報名 ¹⁾ 、モデル各端部 ²⁾ の座標 ³⁾ 、入力データリンク ⁴⁾ 、曲面推定方法とパラメータリンク ⁵⁾ 、オリジナルデータリンク ⁶⁾ 、形状データファイル名、属性データファイル名、ジョイントデータファイル名、改訂履歴（実施期日、理由、実施者氏名等）

注記事項

1)～6) サーフェスモデルの管理情報と同じ。

(3) 形状情報（例）

ソリッドモデル（B-Reps）を作成するための形状情報の例を次図に示す。

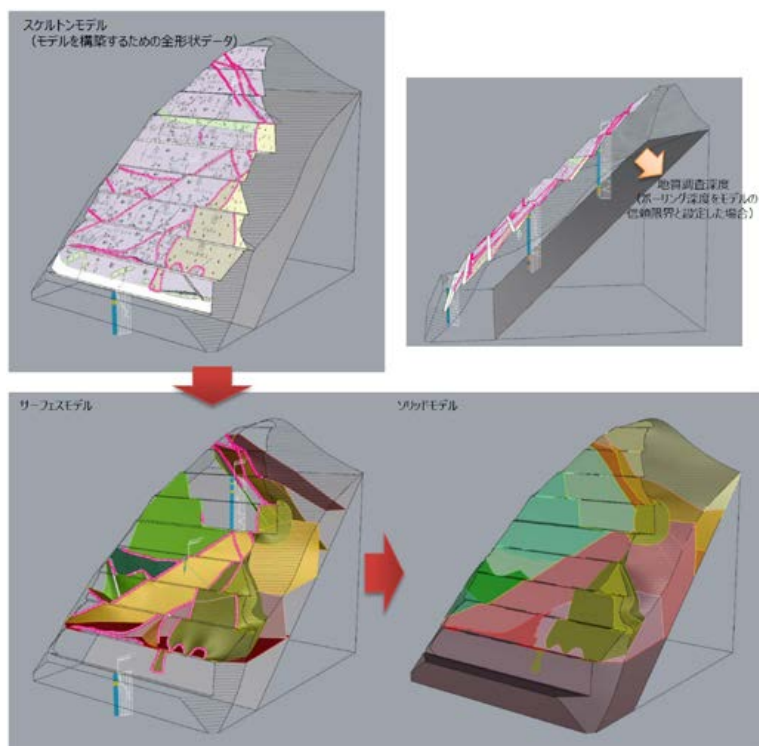


図 84 ソリッドモデル（B-Reps）を作成するための形状情報の例

出典：「3次元地質解析技術マニュアル Ver1.0」（3次元地質解析技術コンソーシアム）

(4) 属性情報（例）

ソリッドモデル（B-Reps）の属性情報は、CIM 対象業務の目的や種類などによって、必要に応じて抽出する。

表 53 属性情報（例）

情報名（例）	内 容
地質情報	共通IDコード ¹⁾ 、深度、地質情報名 ²⁾ 、堆積（優先）順位 ³⁾ 、特記事項など

注記事項

1) ~ 3) サーフェスモデルの属性情報と同じ。

(5) ファイル形式（例）

次表にソリッドモデル（B-Reps）のファイル形式（例）を示す。

表 54 ソリッドモデルのファイル形式（例）

データ種類	ファイル形式（例）	備 考
管理データ	オリジナルファイル、 CSV	表計算ソフト等の仕様による。
入力データ	オリジナルファイル、 CSV	地質・土質モデル作成ソフトウェアの仕様による。
形状データ	オリジナルファイル	地質・土質モデル作成ソフトウェアやビューアの仕様による。
属性データ	オリジナルファイル、 CSV	属性管理ツールの仕様による。

3.5.4 ボクセルモデル（例）

ボクセルモデルとは、モデル全体を小さな立方体（空間格子）の集合体として表現するものであって、通常はサーフェスモデル（地層などの境界面モデル）の形状と境界面間の属性データを微小立方体に付与することによって作成される。

属性情報は、「地層名（層序）」の他に、「弾性波速度情報」、「比抵抗情報」、「岩級区分情報」、「岩盤分類情報」や「ルジオン値情報」などが挙げられる。

次表にボクセルモデルで扱う主な内容を示す。

表 55 ボクセルモデルで扱う主な内容

種 類	内 容
測定データ群	地層名（層序）、地下水（位）、透水係数、ルジオン値、速度値（VP、VS）、M値、1軸圧縮強さ、密度・単位体積重量など
判定データ群	地質（岩種）区分、岩級区分、地山区分、など

(1) データ構成（例）

次表にボクセルモデルのデータ構成（例）を示す。

表 56 ボクセルモデルのデータ構成（例）

情報名	説 明
管理情報	<ul style="list-style-type: none"> 形状データ、入力情報と属性情報を管理するためのデータ。 モデルを作成するために使用した入力情報、地質・土質モデル作成ソフトウェア名称、曲面推定方法、パラメータ群やファイル形式など。 モデルを作成するために参照したボーリングやサーフェスモデルに関する情報、など。
形状情報	<ul style="list-style-type: none"> 立方体の空間位置とサイズに関する情報を保存する。 立方体のサイズが全て同じ場合、ボックスの辺長、始点座標（X、Y、Z）、方向（方位）と各辺の個数（Xn、Yn、Zn）を指定するだけでよい。 3角錐の一種である立方体（正4面体）を幾何学的に分割する場合は、分割のルールを保存する。 3角錐の形状が全て異なる場合は、全ての格子点の座標値（Xm、Ym、Zm）を保存する。
属性情報	<ul style="list-style-type: none"> ボクセルに関連づけられた地質情報、など。 ボクセルごとに区分した属性データをテーブルデータとしてまとめる。

(2) 管理情報（例）

次表に示すボクセルモデルの管理情報は、CIM 対象業務の目的や種類などによって、必要に応じて抽出する。

表 57 ボクセルモデルの管理情報（案）

情報名（例）	内 容
管理情報	事業名、調査名、調査者名、調査担当者名、調査開始期日、調査終了期日、地質情報名 ¹⁾ 、モデル各端部 ²⁾ の座標 ³⁾ 、ボクセルの形状データ ⁴⁾ 、サーフェスモデルリンク ⁵⁾ 、オリジナルデータリンク ⁶⁾ 、形状データファイル名、属性データファイル名、ジョイントデータファイル名、改訂履歴（実施期日、理由、実施者氏名等）

注記事項

- 1) 地質情報名：地層岩体区分など、属性データの地質情報名と同じ内容。
- 2) 各端部：正方形や長方形の場合では 4 隅又は対角部分の各座標値を指し、異形の場合は全ての端部の座標値を指す。
- 3) 座標：緯度・経度、平面直角座標系の系番号と X（南北）座標・Y（東西）座標。
- 4) ボクセルの形状データ：立方体か 3 角錐体かなど、ボクセルの形状を記載するとともに、各ボクセルの位置を容易に検索するために必要な情報（検索のルール）。
- 5) サーフェスモデルリンク：ボクセルモデルを作成するために使用したサーフェスモデルデータ群のリンク情報（格納先の URL など）。
- 6) オリジナルデータリンク：テクスチャモデルの管理情報と同じ。

(3) 形状情報（例）

通常、ボクセルモデルとは立方体（正 6 面体）モデルであって、最小の形状データとして重心位置の座標と辺の長さがあれば表現できる。地盤の形状や性質が急変している部分には、ボックスのサイズ（レベル）を小さくしたり、遷移部分には立方体を分割した 3 角錐モデルを併用する場合もある。ボクセルモデルの形状情報の作成にあたっては、属性情報との関係及び CIM 全体像を勘案して、最も適切な管理用「ID」を付与する。

次図にボクセルモデルの作成例と作成手順を示す。

対象地域の地形モデルを作成する。

3 次元地盤モデル作成ソフトウェアを利用し、サーフェスモデルを作成する。場合によっては、層序情報（属性データ）を加味したソリッドモデルを作成する。

3D CAD で、 と を合成し、必要なボックスのサイズと範囲を設定する。

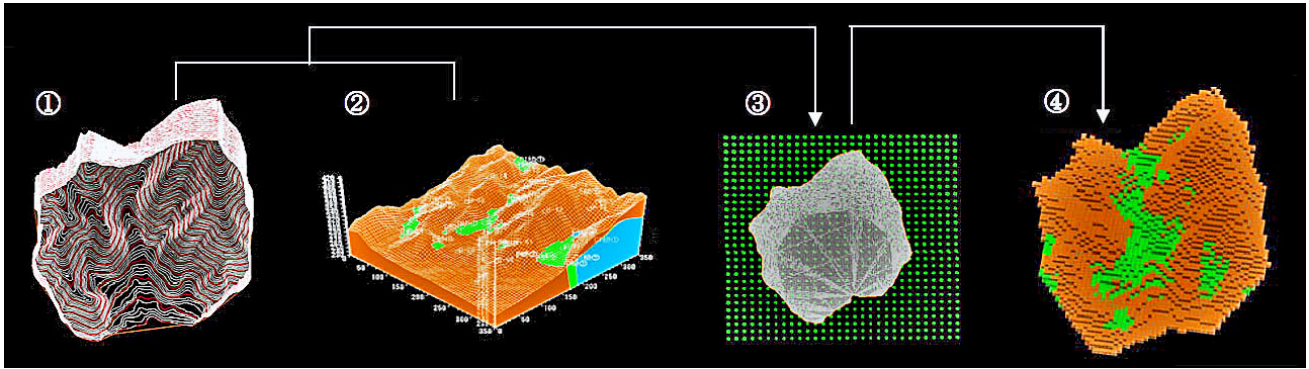


図 85 ボクセルモデルの作成例

出典：JACIC 研究助成「CIM に対応するための地盤情報共有基盤ならびに 3 次元地盤データモデル標準の検討
研究報告書 平成 28 年 8 月」((一社)全国地質調査業協会連合会)

(4) 属性情報 (例)

次表に示すボクセルモデルの属性情報は、CIM 対象業務の目的や種類などによって、必要に応じて抽出する。

表 58 ボクセルモデルの属性情報 (例)

情報名 (例)	内 容
地質情報	共通IDコード ¹⁾ 、ボクセルの位置、地質情報名 ²⁾ 、特記事項

注記事項

- 1) 共通 ID コード：CIM の全段階を想定すると良い。
- 2) 地質情報名：地層境界などを区分する際に使用した情報のことであって、具体的には地層・岩体区分名、地質構造区分、風化帯区分、変質帯区分、地山等級区分、地山弾性波速度層区分、地下水位、湧水状況や地質学的留意点 (リスク情報) などであるが、これらを別途保存したデータファイル名でもよい。

(5) ファイル形式 (例)

次表にボクセルモデルのファイル形式 (例) を示す。

表 59 ボクセルモデルのファイル形式 (例)

データ種類	ファイル形式 (例)	備 考
管理データ	オリジナルファイル、CSV	表計算ソフト等の仕様による。
形状データ	オリジナルファイル、CSV	地質・土質モデル作成ソフトウェアやビューアの仕様による。
属性データ	オリジナルファイル、CSV	属性管理ツールの仕様による。

3.5.5 柱状体モデル（例）

柱状体モデルは、サーフェスモデル（地層などの境界面モデル）を真上から見て小さな格子（メッシュ）に区分し、メッシュ内の境界面間の属性情報と関連付けることによって作成されたモデルである。属性情報として、「地層名（層序）」の他に、「弾性波速度情報」、「比抵抗情報」、「岩級区分情報」、「岩盤分類情報」や「ルジオン値情報」などが挙げられる。

次表に柱状体モデルで扱う主な内容を示す。

表 60 柱状体モデルで扱う主な内容

種類	特記事項
データ群	地層名（層序）、速度値（VP、VS）、減衰常数、N値、非線形特性など

(1) データ構成

次表に柱状体モデルのデータ構成を示す。

表 61 柱状体モデルのデータ構成

情報名	説明
管理情報	<ul style="list-style-type: none"> 形状データ、入力情報と属性データを管理するためのデータ。 柱状体モデル全体の形状に関する情報、座標系に関する情報やファイル形式、など。 柱状体モデルを作成するために参照したボーリングや現地調査結果、などに関する情報。
形状情報	<ul style="list-style-type: none"> メッシュ全体の座標系と各メッシュの位置座標に関する情報。 各メッシュの地層などの境界に関する情報
属性情報	<ul style="list-style-type: none"> それぞれの柱状体に関連づけられた地質情報、など。 柱状体ごとに区分した属性データをテーブルデータとしてまとめる。

(2) 管理情報（例）

柱状体モデルの管理情報は、CIM 対象業務の目的や種類などによって、必要に応じて抽出する。

表 62 柱状体モデルの管理情報（案）

情報名（例）	内容
管理情報	事業名、調査名、調査者名、調査担当者名、調査開始期日、調査終了期日、地質情報名 ¹⁾ 、メッシュ端部 ²⁾ の座標 ³⁾ 、メッシュの形状データ ⁴⁾ 、サーフェスモデルリンク ⁵⁾ 、オリジナルデータリンク ⁶⁾ 、形状データファイル名、属性データファイル名、ジョイントデータファイル名、改訂履歴（実施期日、理由、実施者氏名等）

注記事項

- 1) 地質情報名：地層岩体区分など、属性情報の地質情報名と同じ内容。
- 2) メッシュ端部：通常長方形が採用されるので、4隅又は対角部分の各座標値を指す。
- 3) 座標：緯度・経度、平面直角座標系の系番号とX(南北)座標・Y(東西)座標。
- 4) メッシュの形状データ：各メッシュのサイズ。広域の場合には、国土地理院の地理メッシュコードの5次又は6次が使われることが多い。
- 5) サーフェスモデルリンク：各境界面を推定するために使用したサーフェスモデルデータ群のリンク情報(格納先のURLなど)
- 6) オリジナルデータリンク：テクスチャモデルの管理情報と同じ。

(3) 形状情報(例)

柱状体モデルとは、任意のボーリングモデルを、それが属するメッシュ全体の特徴(形状と属性)と見なしたものと考えてよい。ボクセルモデルに比べ、鉛直(深度)方向の分割が地層の数だけで良いため、計算に使用するメモリーを減らせる効果がある。

次図にボーリングモデルと柱状体モデルの関係(イメージ)を示す。

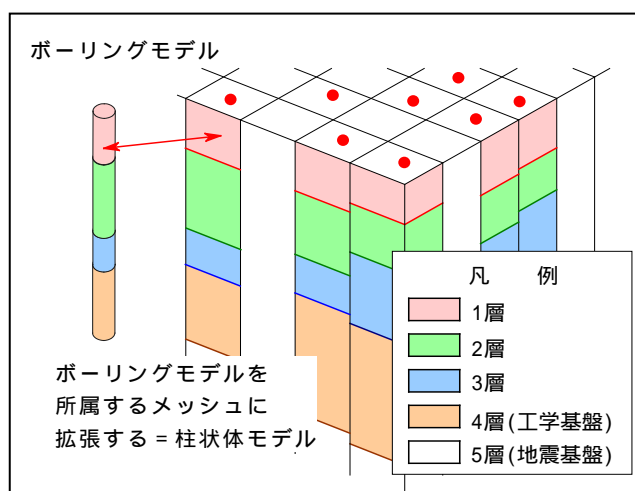


図 86 ボーリングモデルと柱状体モデルの関係(イメージ)

出典：JACIC 研究助成「CIM に対応するための地盤情報共有基盤ならびに 3次元地盤データモデル標準の検討 研究報告書 平成 28 年 8 月」((一社)全国地質調査業協会連合会)

一般的に、メッシュは東西・南北方向に等間隔が基本である。

- ・ 直交座標系の場合、例えば南西端部の座標値と東西方向と南北方向の間隔を指定すれば、各メッシュの位置と範囲は自ずと定まる。
また、比較的大きな範囲を扱う場合には、国土地理院の経緯度から誘導される地図メッシュ(例、6次メッシュ)がそのまま使用できる。
- ・ ボクセルモデルと異なって、深さ方向(Z方向)は地層(層序)境界面の深度(標高)が採用されるが、各メッシュによって深度(標高)の値が異なるため、各メッシュの情報は属性情報として表現した方が利便性に優れる。

(4) 属性情報（例）

柱状体モデルの属性情報は、目的や種類などによって、必要に応じて抽出する。

表 63 柱状体モデルの属性情報（案）

情報名（例）	内 容
地質情報	共通IDコード ¹⁾ 、メッシュの位置、地質情報名 ²⁾ 、特記事項

注記事項

- 1) 共通 ID コード：CIM の全段階を想定すると良い。
- 2) 地質情報名：サーフェスモデルで地層境界等を区分する際に使用した情報のことであって、具体的には地層・岩体区分名、地質構造区分、風化帯区分、変質帯区分、地山等級区分、地山弾性波速度層区分、地下水位、湧水状況や地質学的留意点（リスク情報）等であるが、これらを別途保存したデータファイル名でもよい。

(5) ファイル形式（例）

次表に柱状体モデルのファイル形式を示す。

表 64 柱状体モデルのファイル形式

データ種類	ファイル形式（例）	備 考
管理データ	CSV、オリジナルファイル	表計算ソフト等の仕様による。
形状データ	CSV、オリジナルファイル	地質・土質モデル作成ソフトウェアやビューアの仕様による。
属性データ	CSV、オリジナルファイル	属性管理ツールの仕様による。

【参考】地質調査・計測に全般の情報の CIM モデル化

地質・土質モデルのみならず、調査・計測にかかる全般的な各種情報を CIM モデル化する際の形状情報を表現する際に利用する基本図形要素の例を示す。

表 65 地質調査・計測データに用いる基本図形要素（例）

地質調査情報		基本図形要素				備考
		点	線	サーフェス	リット	
調査・計測データ	露頭	位置				点：マクロ的にみた露頭の位置 線・サーフェス：露頭の範囲
		不連続面				線：露頭内の層理・断層・節理等 サーフェス：不連続面の走向・傾斜を円盤等で表現
		種類				露頭を構成する地質・岩級等の属性
		画像			○	露岩・試掘坑・切羽・法面等の写真やスケッチ
	ボーリング・サウンディング	孔口位置				調査位置を表現。
		ボアホール・試験区間				ボーリングやサウンディングの調査区間を表現 ボアホール孔壁の情報を表現
		境界点				点・線：地質境界や不連続面等の位置を表現 サーフェス：不連続面の走向・傾斜を円盤等で表現
		コア区分				地質・風化・岩級区分等の区分の区間情報を表現
		試験・検層データ				点：試験深度と値で表現 線・サーフェス：試験区間と値で表現
	物理探査					図形要素に物性値を割り当てて色や値等で表現
動態観測					変位量やその方向等を表現 サーフェス：変位量をコンター等で表現	
地質モデル	準 3 次元モデル					地質解釈による地質平面図・断面図等の図面（画像の場合はサーフェスモデル上にテクスチャマッピングで表現）
	地形面					線：ワイヤーフレームで表現
	境界面					線：ワイヤーフレームで表現
	地層					地層の上限・下限や分布範囲・信頼限界で閉じた領域を表現
	物性モデル					モデルの構成要素に物性値を付加して表現
	パネルダイアグラム					3次元の地形・境界面・地層・物性モデルから切り出したもの

○：使用する場合が多いもの、○：使用する場合が少ないもの

出典：「3次元地質解析技術マニュアル Ver1.0」（3次元地質解析技術コンソーシアム）

参考文献

1. 国土交通省「公共測量作業規程」_レ、2016-3
2. 国土交通省 国土地理院 HP
3. 国土交通省 国土地理院「UAV を用いた公共測量マニュアル(案)」_レ、2017-3
4. 国土交通省 国土地理院「3次元点群を使用した断面図作成マニュアル(案)」_レ、2017-3
5. 国土交通省「i-Construction における「ICTの全面的な活用」の実施について」_レ、2017-3
6. CIM 技術検討会「第8回 CIM 制度検討会資料」_レ、2015-3
7. CIM 技術検討会「平成27年度 報告」_レ、2016-6
8. CIM 技術検討会「平成26年度 報告」_レ、2015-5
9. CIM 技術検討会「平成24年度 報告」_レ、2013-4
10. 一般社団法人 全国地質調査業協会連合会「改訂3版 地質調査要領」_レ、2015-9
11. 国土交通省「地質・土質調査成果電子納品要領」_レ、2016-10
12. 社会基盤情報標準化委員会 特別委員会「土木分野におけるモデル詳細度標準(案)【改訂版】」_レ、2018-3
13. 社会基盤情報標準化委員会 特別委員会 資料
14. 国土交通省 CIM 制度検討会「第7回 CIM 制度検討会 資料」_レ、2015-3
15. i-Construction 委員会「i-Construction ～建設現場の生産性革命～」_レ、2016-4
16. 山根裕之・椎葉航・新良子・小林一郎、「情報地質学会シンポジウム2013 講演論文集 CIM における3Dモデルの属性利用について」_レ、2013-11
17. 一般社団法人 全国地質調査業協会連合会、一般社団法人 日本建設情報総合センター「3次元地盤モデル作成の手引き」_レ、2016-11
18. 一般社団法人 全国地質調査業協会連合会「CIMに対応するための地盤情報共有基盤ならびに3次元地盤データモデル標準の検討」_レ、2016-8
19. 3次元地質解析技術コンソーシアム「3次元地質解析マニュアル Ver1.0」_レ、2018-3
20. 国土交通省国土地理院「地上レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル(案)」_レ、2018-3