

BIM/CIM 活用ガイドライン(案)

第 1 編 共通編

令和 3 年 3 月

国土交通省

【改定履歴】

ガイドライン名称	年月	備考
BIM/CIM 活用ガイドライン（案） 共通編 令和 2 年 3 月	令和 2 年 3 月 （令和 2 年 3 月 25 日 一部修正）	制定
BIM/CIM 活用ガイドライン（案） 第 1 編 共通編 令和 3 年 3 月	令和 3 年 3 月	一部改定

目 次

第 1 編 共通編

はじめに	1
第 1 章 総論	3
1 総則	3
1.1 BIM/CIM 活用の目的	3
1.1.1 BIM/CIM の概念	3
1.1.2 BIM/CIM 活用の目的	4
1.1.3 BIM/CIM の活用効果	4
1.2 適用範囲	6
1.3 BIM/CIM に関する基準・要領等の体系	7
1.4 用語の定義	10
2 共通事項	13
2.1 BIM/CIM モデル	13
2.2 BIM/CIM モデルの分類	15
2.3 座標参照系・単位	18
2.4 BIM/CIM モデルの詳細度	20
2.5 BIM/CIM を活用するための環境	23
2.5.1 ハードウェア、ソフトウェアの準備	23
2.5.2 情報共有システムの活用	24
3 BIM/CIM 活用の流れ	25
3.1 貸与資料の確認及び貸与	26
3.2 事前協議の実施	28
3.3 BIM/CIM 実施計画書の作成・提出	30
3.4 業務中又は工事中の BIM/CIM 活用	31
3.5 成果品の作成	32
3.6 成果品の納品・検査	33
第 2 章 測量	35
1 設計に求められる地形モデル（精度等）	35
1.1 公共測量と地図情報レベル	35

1.1.1 公共測量	35
1.1.2 地図情報レベル	35
1.2 3次元測量手法の適用範囲と特徴	37
1.3 地形モデルを利用する際の留意点	40
1.3.1 従来図面と地形モデルの違い	40
1.3.2 各設計工程における留意点	41
2 BIM/CIM モデルに利用するための測量方法	42
2.1 BIM/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	42
2.2 空中写真測量	43
2.2.1 主な特徴	43
2.2.2 主な利用場面	44
2.3 航空レーザ測量	45
2.3.1 主な特徴	45
2.3.2 主な利用場面	46
2.4 車載写真レーザ測量	47
2.4.1 主な特徴	47
2.4.2 主な利用場面	48
2.5 UAV 写真点群測量	50
2.5.1 主な特徴	50
2.5.2 主な利用場面	51
2.6 UAV レーザ測量	52
2.6.1 主な特徴	52
2.6.2 主な利用場面	54
2.7 地上レーザ測量	55
2.7.1 主な特徴	55
2.7.2 主な利用場面	57
2.8 航空レーザ測深 (Airborne Laser Bathymetry : ALB)	58
2.8.1 主な特徴	59
2.8.2 主な利用場面	59
2.9 マルチビーム測深	60
2.9.1 主な特徴	61
2.9.2 主な利用場面	62
2.10 その他新たな計測手法	63
2.10.1 オブリーク (Oblique) カメラ	63
2.11 測量における用語の解説と留意点	65
2.11.1 国土交通省公共測量作業規程	65

2.11.2 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）	65
2.11.3 GNSS（Global Navigation Satellite System：全球測位衛星システム）	66
2.11.4 GNSS での測位方法の違いによる誤差の関係	66
2.11.5 IMU（Inertial Measurement Unit / 慣性計測装置）	66
2.11.6 標高とジオイド高	67
2.11.7 構造物等のエッジの取得について	67
2.11.8 レーザ測量における色つき点群の成果について	67
2.11.9 国土地理院の測量成果の利用承認申請・複製承認申請	67
2.11.10 既成成果としての標高データ	68
第3章 地質・土質モデル	70
1 地質・土質モデルの作成・活用に関する基本的な考え方	70
1.1 地質・土質モデル作成における基本方針	71
1.2 地質・土質モデルの活用の考え方	72
2 地質・土質モデルの概要	74
2.1 地質・土質モデルの活用場面	74
2.1.1 地質・土質上における課題の把握	74
2.1.2 施工計画の効率化	75
2.1.3 数量算出への活用	77
2.1.4 数値解析への適用	78
2.2 地質・土質モデルの種類	79
2.3 地質・土質モデルの活用時の留意事項	82
3 地質・土質モデルの構成	83
3.1 データ構成	83
3.2 属性情報	84
3.2.1 属性情報の取扱い	84
3.2.2 属性情報の作成（例）	84
4 地質・土質モデルの作成手順	86
4.1 座標の取扱について	86
4.2 ボーリングモデル	87
4.2.1 ボーリングモデル（調査結果モデル）	87
4.2.2 ボーリングモデル（推定・解釈モデル）	89
4.3 準3次元地盤モデル	91
4.3.1 テクスチャモデル（準3次元地質平面図）	91

4.3.2 準 3 次元地質断面図モデル.....	93
4.4 3 次元地盤モデル.....	94
4.4.1 3 次元地盤モデル構築の流れ.....	94
4.4.2 サーフェスモデル.....	95
4.4.3 ソリッドモデル.....	98
5 作成・納品時の留意事項.....	100
6 モデルの照査.....	101
6.1 照査の要点.....	101
6.2 照査チェックリスト.....	103
参考資料.....	104

はじめに

「BIM/CIM 活用ガイドライン（案）」（以下、「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）が建設生産・管理システムの各段階で BIM/CIM（Building/ Construction Information Modeling, Management：ビムシム）を円滑に活用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】

- これまでの BIM/CIM 活用業務及び活用工事で得られた知見やソフトウェアの機能水準等を踏まえ、BIM/CIM の活用目的、適用範囲、BIM/CIM モデルの考え方、BIM/CIM 活用の流れ、各段階における活用等を参考として記載したものである。
- BIM/CIM モデルの活用方策は、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・受注者等で判断の上、BIM/CIM モデルを活用するものである。
- 詳細設計において最終的な設計成果物として納品する BIM/CIM モデルの詳細度及び属性情報等については、『3次元モデル成果物作成要領（案）』において示すが、ここで示すものは最終的な設計成果物に至るまでの各段階における目安を示したものであることに留意されたい。
- 公共事業において BIM/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、引き続き本ガイドラインを継続的に改善、拡充していく。

【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 総論	公共事業の各段階(測量・調査、設計、施工、維持管理)で BIM/CIM を活用する際の共通事項について適用する。
	第2章 測量	
	第3章 地質・土質モデル	
第2編	河川編	河川構造物(築堤・護岸、樋門・樋管)を対象に BIM/CIM を測量・調査、設計、施工、維持管理の各段階で活用する際に適用する。
第3編	砂防及び地すべり対策編	砂防構造物(砂防堰堤及び床固工、溪流保全工、土石流対策工及び流木対策工、護岸工、山腹工)、地すべり機構解析や地すべり防止施設を対象に BIM/CIM を調査・設計、施工、施設の効果評価、維持管理の各段階で活用する際に適用する。
第4編	ダム編	重力式コンクリートダム、ロックフィルダム等を対象に BIM/CIM を測量・調査、設計、施工、維持管理の各段階で活用する際に適用する。
第5編	道路編	道路土工・舗装工及び山岳トンネル、橋梁(上部工、下部工)を対象に BIM/CIM を測量・調査、設計、施工、維持管理の各段階で活用する際に適用する。
第6編	機械設備編	機械設備を対象に BIM/CIM を調査・設計、施工、維持管理の各段階で活用する際に適用する。
第7編	下水道編	下水道施設のポンプ場、終末処理場を対象に BIM/CIM を調査・設計、施工、維持管理、改築計画の各段階で活用する際に適用する。
第8編	港湾編	港湾施設(水域施設(泊地、航路等)、外郭施設(防波堤、護岸等)、係留施設等)を対象に BIM/CIM を調査・設計、施工、維持管理、改築計画の各段階で活用する際に適用する。

第1編 共通編

第1章 総論

1 総則

1.1 BIM/CIM 活用の目的

1.1.1 BIM/CIM の概念

BIM/CIM (Building/ Construction Information Modeling, Management) とは、コンピュータ上に作成した3次元の形状情報(3次元モデル)に加え、構造物及び構造物を構成する部材等の名称、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(属性情報)とそれらを補足する資料(参照資料)を併せ持つ構造物に関連する情報モデル(BIM/CIMモデル)を構築すること(Building/ Construction Information Modeling)、及び、構築したBIM/CIMモデルに内包される情報を管理・活用すること(Building/ Construction Information Management)をいう。

【解説】

BIM/CIM の概念は、以下による。

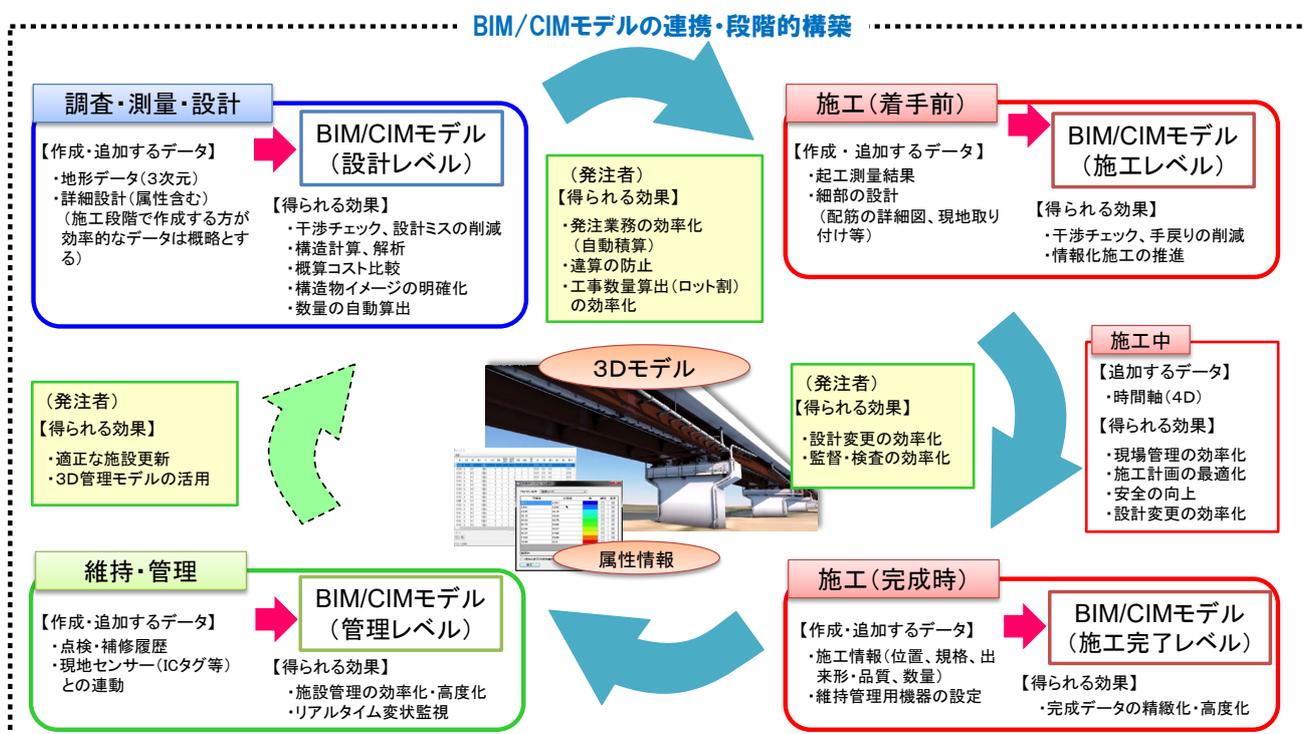


図1 BIM/CIM の概念

1.1.2 BIM/CIM 活用の目的

測量・調査、設計、施工、維持管理・更新の各段階において、情報を充実させながら BIM/CIM モデルを連携・発展させ、併せて事業全体にわたる関係者間の情報共有を容易にすることで、一連の建設生産・管理システム全体の効率化・高度化を図ることを目的とする。

単に 3 次元モデルを活用するだけでなく、最新の ICT (Information and Communication Technology) と連携を図りながら、効率的で質の高い建設生産・管理システムの構築を目指す。

【解説】

測量・調査から、設計、施工、維持管理・更新に至る建設生産・管理システムで一貫した 3 次元データの利活用を図るためには、事業の初期段階から BIM/CIM 活用目的を立案し、建設生産・管理システムの各段階において、目的に応じた 3 次元データの利活用を図ることが重要である。

事業の企画立案段階から、事業目的を達成するための企画のひとつとして事務所の BIM/CIM 活用項目を立案する。また、事業の各段階を通じて BIM/CIM 活用項目に基づき実施する事業監理項目の目標を設定することが望ましい。

1.1.3 BIM/CIM の活用効果

BIM/CIM を活用することで、ミスや手戻りの大幅な減少、単純作業の軽減、工程短縮、施工現場の安全性向上、事業効率及び経済効果に加え、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、中長期的な担い手の確保の一助に資するものである。

BIM/CIM の活用効果として、「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。

【解説】

(1) フロントローディング

フロントローディングとは、工程の初期（フロント）において負荷をかけて事前に集中的に検討することで、後工程で生じそうな仕様変更や手戻りを未然に防ぎ、後続フェーズにおいて品質向上や工期の短縮化など事業全体の効率化を目指すことである。

- ・ 調査段階

事業に関連する測量・地質調査結果や周辺状況などの情報の見える化。

- ・ 設計段階

事業に関連する測量・地質調査結果や周辺状況などの情報が見える化。

設計成果の可視化による設計ミス防止、干渉チェックによる不整合の防止（コンクリート構造物の鉄筋干渉など）、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。

維持管理性に配慮した設計。

- ・ 施工段階

維持管理に必要な情報（施工記録情報など）を BIM/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。

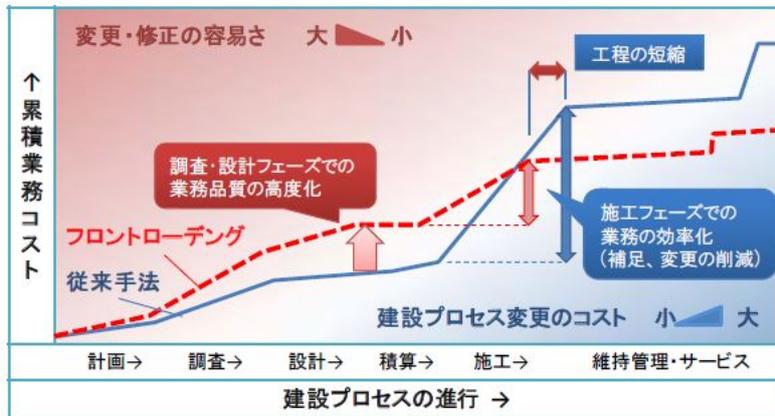


図 2 BIM/CIMによるフロントローディングによる効果のイメージ

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ことである。

- ・ ECI 方式など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。
- ・ 設計段階に維持管理担当者の知見も反映し、維持管理上の配慮として点検の容易性や点検履歴の活用方法などを明確化。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、維持管理を効率化・高度化。
- ・ 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を短縮。

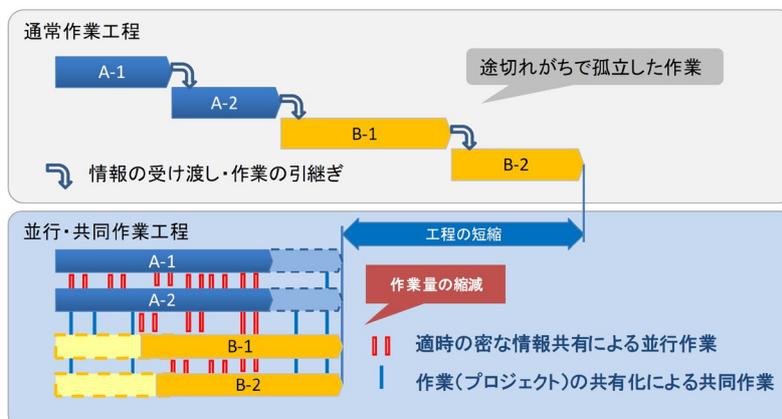


図 3 コンカレントエンジニアリング（並行作業・共同作業）による効果のイメージ

出典：CIM 技術検討会資料 平成 24 年度報告書

1.2 適用範囲

本ガイドラインは、国土交通省直轄事業における BIM/CIM 活用業務及び BIM/CIM 活用工事を対象とする。また、点群データの取得等、3次元モデルのみを取り扱う場合であっても、後工程において3次元モデルを活用可能であることから、本ガイドラインを準用する。

【解説】

BIM/CIM の活用によって、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、これまでの BIM/CIM 活用業務及び BIM/CIM 活用工事で行われてきた実績と知見を基に、標準的な BIM/CIM の活用方法を定めたものである。BIM/CIM 活用業務及び BIM/CIM 活用工事の実施に当たり、個別の構造物の事業の各段階での活用方法については、『BIM/CIM 活用ガイドライン（案）』の第2編から第8編を参照するものとする。

1.3 BIM/CIM に関する基準・要領等の体系

国土交通省では、平成 29 年度からの BIM/CIM の推進・活用にあたり、必要な目標、方針、基準・要領及びガイドライン等を整備し、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 BIM/CIM の活用にあたっては、関連する実施要領や各基準・要領等を参照する。

【解説】

国土交通省の BIM/CIM 導入・推進に関連する実施要領や各基準・要領等は、「図 4 各段階の事業実施において適用又は参照する基準・要領等」「図 5 BIM/CIM 仕様・機能要件」による。

「各段階の事業実施において適用又は参照する基準・要領等」は、測量・調査、設計、施工、維持管理・更新の各段階を横軸に、各 BIM/CIM 活用業務又は BIM/CIM 活用工事の入札・契約から検査、納品までの各段階を縦軸に記載し、BIM/CIM 活用業務又は BIM/CIM 活用工事の各段階において適用又は参照する基準・要領等を整理している。

「図 5 BIM/CIM 仕様・機能要件」は BIM/CIM を含めた 3 次元モデルのデータ仕様及びソフトウェア、情報共有システム等の機能要件等について整理している。

◇各段階の事業実施において適用又は参照する基準・要領等

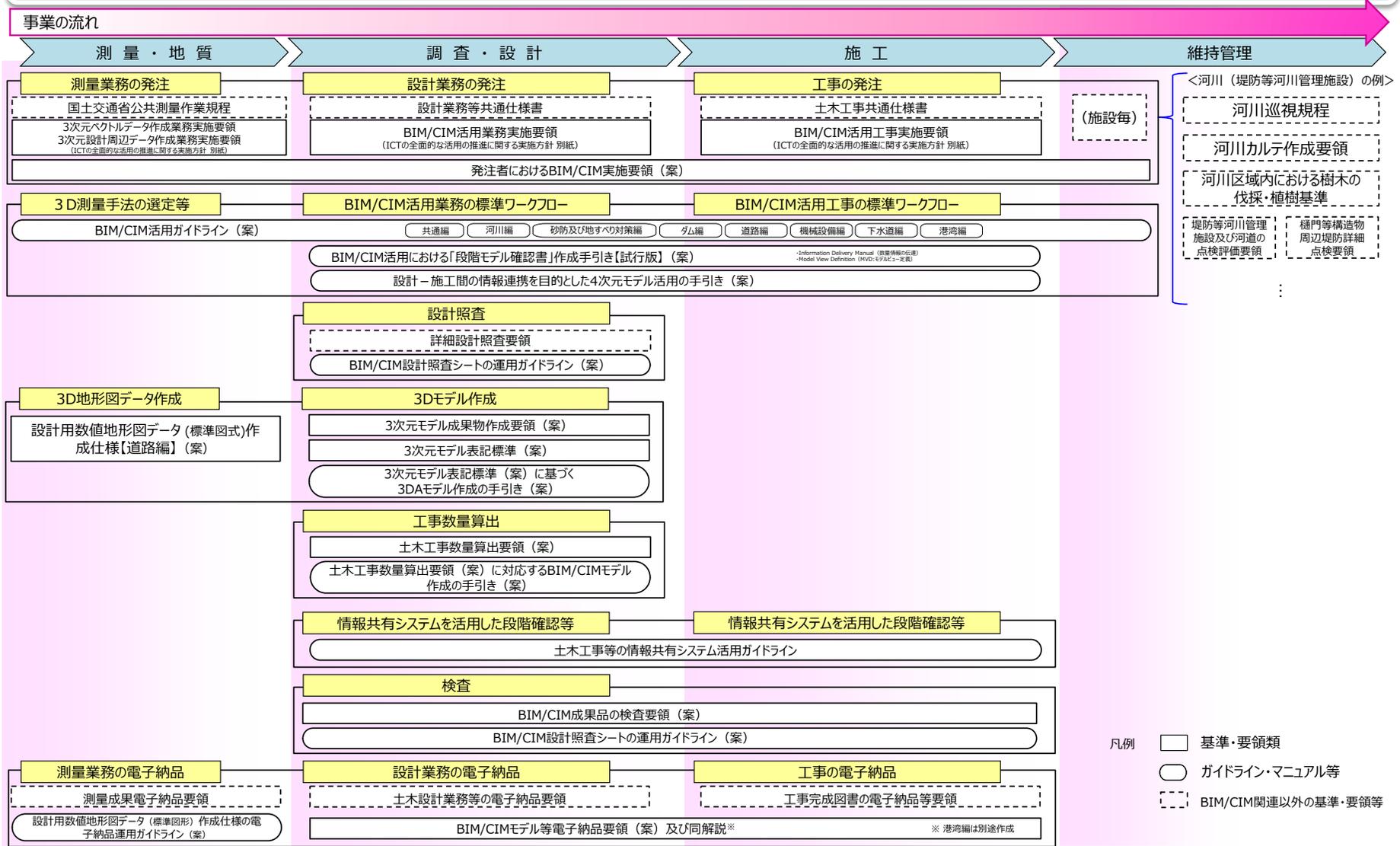


図 4 各段階の事業実施において適用又は参照する基準・要領等

◇ BIM/CIM仕様・機能要件

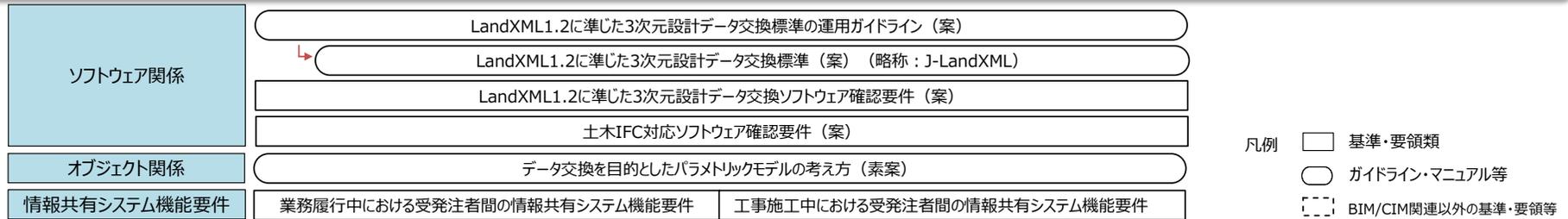


図 5 BIM/CIM 仕様・機能要件

1.4 用語の定義

本ガイドラインにて使用する主な用語について、以下のように定義する。

表 2 用語の定義

No	用語	定義
1	3次元点群データ	<p>UAV 写真測量、地上レーザスキャナ等による 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。</p> <p>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 BIM/CIM モデルの代替・BIM/CIM モデル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。</p>
2	3次元モデル	<p>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、ワイヤフレーム、サーフェス、ソリッド、TIN 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。</p>
3	BIM/CIM (Building / Construction Information Modeling ,Management)	<p>測量・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・更新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・管理システムの効率化・高度化を図るものである。</p>
4	BIM/CIM モデル	<p>BIM/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」「参照資料」を組合せたものを指す。</p>
5	GIS (地理情報システム)	<p>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。</p> <p>出典 : https://www.mlit.go.jp/kokudoseisaku/kokudoseisaku_tk1_000041.html</p>
6	i-Construction	<p>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。</p> <p>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)</p>
7	ICT	<p>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。</p>
8	IFC	<p>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。2018 年に改訂され、ISO 16739:2018 が最新である。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。</p> <p>bSI の日本支部組織が bSJ である。</p>
9	J-LandXML	<p>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、BIM/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.1.3 (略称 : J-LandXML) 平成 31 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)</p>

No	用語	定義
10	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。
11	TIN (Triangulated Irregular Network)	地形や地層等の複雑な多角形状を三角形の集合体で表現する手法である。三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。
12	TS(トータルステーション)	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)(案)1-1-4用語の解説
13	アーカイブデータ	保存記録のこと。
14	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。
15	オルソ画像	オルソ画像とは、空中写真を位置ズレのない画像に変換し、正しい位置情報を付与したもの。様々な地理空間情報と重ね合わせができる。 国土地理院(https://www.gsi.go.jp/gazochosa/gazochosa40001.html)
16	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
17	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。
18	参照資料	BIM/CIMモデルを補足する(又は、3次元モデルを作成しない構造物等)従来の2次元図面等の「機械判読できない資料」を指す。
19	詳細度	BIM/CIMモデルをどこまで詳細に作成するかを示したもの。このガイドラインでは、100、200…500と5段階のレベルを定義している。
20	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：国土交通省公共測量作業規程
21	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。
22	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。
23	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。
24	地上型レーザースキャナ (TLS:Terrestrial Laser)	1台の機械で指定した範囲にレーザを連続的に照射し、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

No	用語	定義
	Scanner)	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）（案）1-1-4 用語の解説
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：国土交通省公共測量作業規程
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読み書きできるようにするための技術文書である。対象は IFC2x3 による土工、河川、地形、地盤以外の土木構造物の BIM/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、BIM/CIM では通常用いられない。

2 共通事項

2.1 BIM/CIM モデル

BIM/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」「参照資料」を組み合わせたものを指す。

【解説】

BIM/CIM モデルの構成及びそれぞれの概要は、以下による。



図 6 BIM/CIM モデルの構成

- ・ 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、数量に関する属性情報は『土木工事数量算出要領（案）』、その他の属性情報は、『3 次元モデル成果物作成要領（案）』及び『BIM/CIM 活用ガイドライン（案）』の各分野編を参考に付与する。
- ・ 参照資料：
BIM/CIM モデルを補足する（又は、3 次元モデルを作成しない構造物等）従来の 2 次元図面等の「機械判読できない資料」を指す。

なお、属性情報は、IFC の定義では厳密には 3 次元モデルに直接付与する情報に限られるが、基準・要領等の整備状況を鑑み、当面の間、構造物の部材の諸元や数量等の機械判読可能なデータを「外部参照のファイル」として参照（リンク）する場合を含むものとする。（「機械判読可能なデータ（Machine-readable Data）」：コンピュータで容易に処理できるデータ形式）

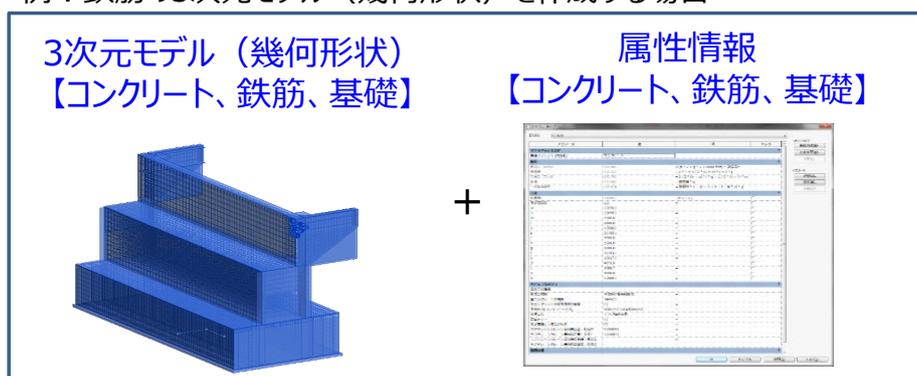
外部参照する方法には、次の方法がある。

- (A) 表計算ソフト等で作成したファイルやその格納フォルダへ外部参照する。属性情報を表計算ソフト等で作成し、表計算ソフトのオリジナルファイルや CSV 形式で保存したファイルへ外部参照する。
- (B) 当該業務又は工事の成果、提出物等（図面、報告書、工事書類等）やその格納フォルダへ外部参照する。当該業務又は工事において、納品又は提出される図面、報告書、工事帳票等のファイルに外部参照する。

なお、外部参照する属性情報及び参照資料に関する留意事項については『BIM/CIM モデル等電子納品要領（案）及び同解説』を参照する。

BIM/CIM モデルについて、鉄筋を例にとると、図 7 のようになる。

例：鉄筋の3次元モデル（幾何形状）を作成する場合



例：鉄筋の3次元モデル（幾何形状）は、参照資料（2次元図面）として作成する場合

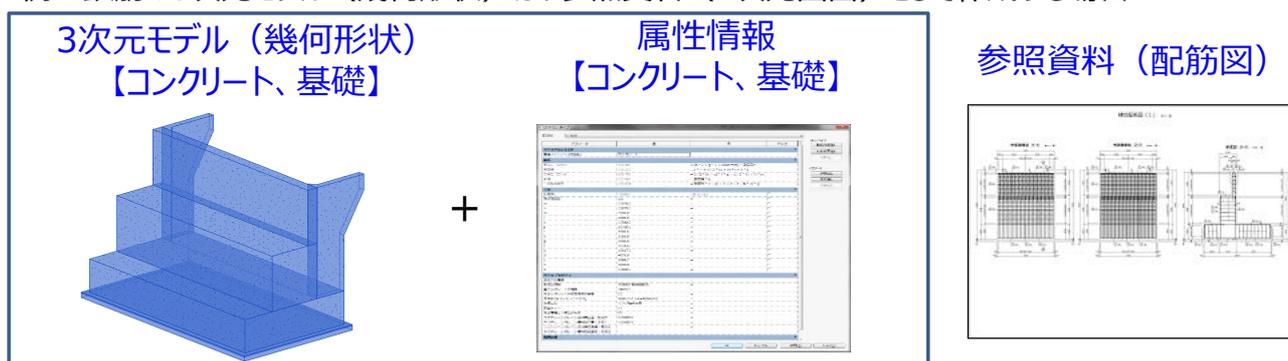


図 7 参照資料を使用する BIM/CIM モデルの事例

2.2 BIM/CIM モデルの分類

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。BIM/CIM モデルには、「地形モデル」「地質・土質モデル」「線形モデル」「土工形状モデル」「構造物モデル」「統合モデル」がある。

【解説】

- ・ 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）や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：地表面や構造物等を三角形の集合体で表現する）、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。なお、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モデル（広域地形モデル）や、建屋等の3次元モデルも地形モデルに含まれる。

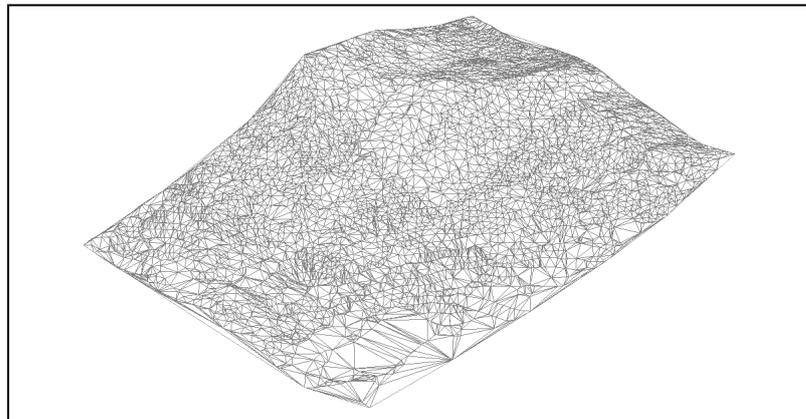


図 8 地形モデルの例

- ・ 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・土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。

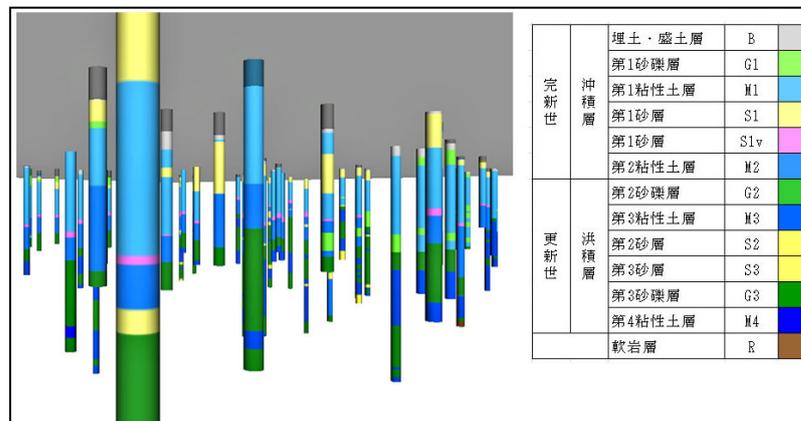


図 9 地質・土質モデルの例

- ・ 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。

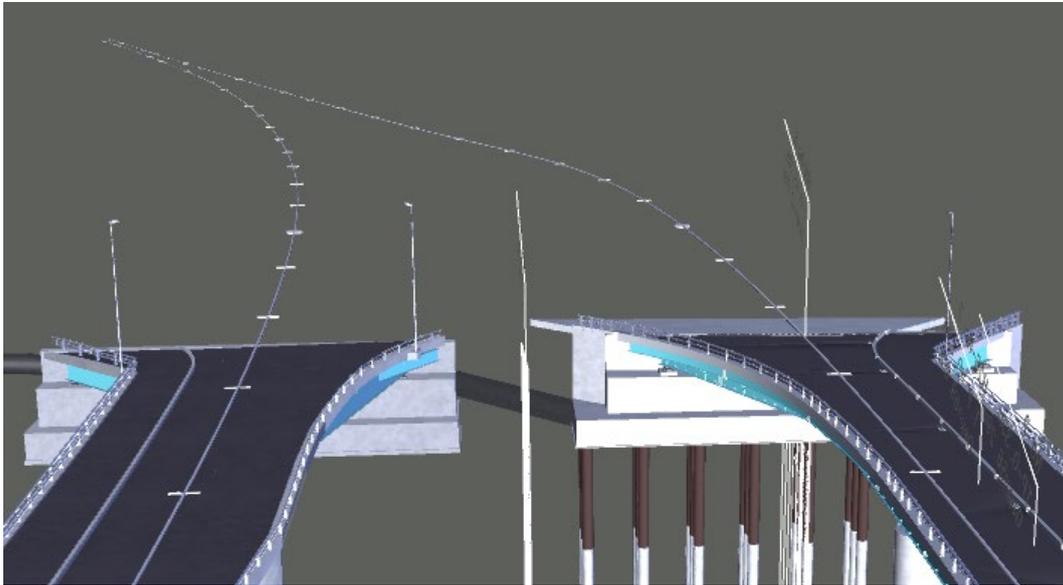


図 10 線形モデルの例

- ・ 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、TIN サーフェスモデル等で作成する。

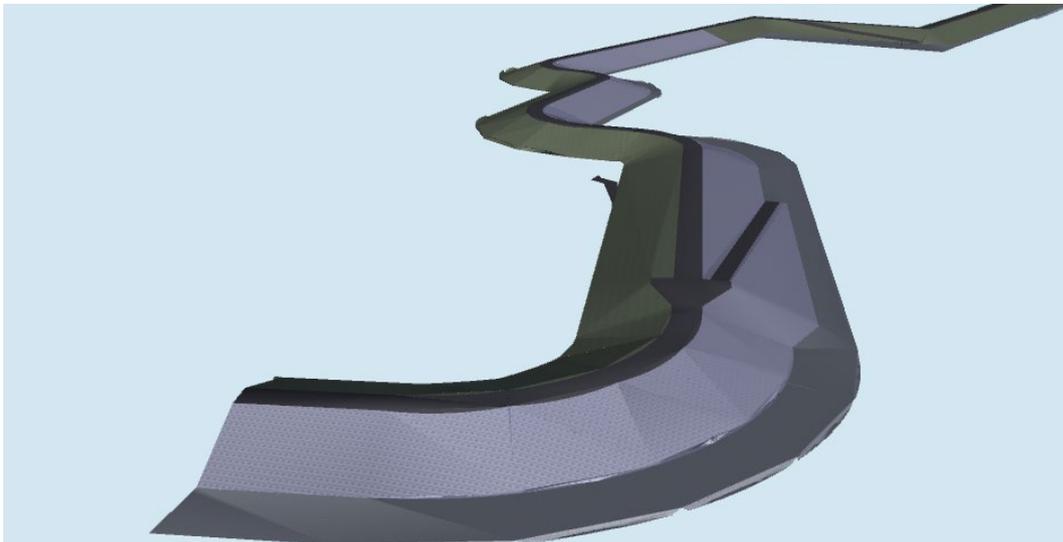


図 11 土工形状モデルの例

- ・ 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 等で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。また、作成した構造物モデルには一般的に属性を付加する。



図 12 構造物モデルの例

- ・ 統合モデル：
統合モデルは、地形モデル（広域含む）、地質・土質モデル、線形モデル、土工形状モデル、構造物モデル等のそれぞれの BIM/CIM モデルを組み合わせ、作成用途に応じて BIM/CIM モデル全体を把握できるようにしたモデルである。



図 13 統合モデルの例

2.3 座標参照系・単位

BIM/CIM モデルの座標参照系は、水平座標系の原子に世界測地系（日本測地系 2011）を用いて、座標系に投影座標を用いる平面直角座標系を採用し、単位をm（メートル）に統一する。

鉛直座標参照系は、原子に T.P.（東京湾平均海面）の使用を標準とする。

作成したモデルの座標参照系及び単位の情報は、「BIM/CIM モデル作成 事前協議・引継書シート」へ記載する。

【解説】

実世界における位置の記述は空間参照によるが、これらは日本産業規格（旧 日本工業規格）JIS X7111:2014 において座標による空間参照と地理識別子による空間参照に分類され、BIM/CIM に用いる測量成果では座標による空間参照を採用する。この規格での座標参照系は、座標系と原子の組み合わせによって構成する。例えば、測地成果 2011 の平面直角座標系 IX 系は、水平座標には原子に日本測地系 2011、座標系に水平座標系の平面直角座標系 IX 系、鉛直座標には原子に東京湾平均海面、座標系に鉛直座標系を用いて、識別子として JGD2011,TP/9 (X,Y),H と表す。

既往の成果では、日本測地系や世界測地系（日本測地系 2000）が含まれるが、現在作成される測量成果・計測データは、世界測地系（日本測地系 2011）である。データ毎の座標参照系を管理できないソフトウェアを利用する場合には、その都度、座標換算・座標変換が必要となり、間違いを引き起こす可能性が高い。このためモデルを作成する際の座標参照系は、日本測地系 2011 の平面直角座標系に統一する。これに伴い図面の作図は、実寸(スケール 1:1)の m(メートル)単位とする。

なお、平面直角座標系では、西⇒東方向が Y 軸、南⇒北方向が X 軸であり、数学座標の X 軸 Y 軸と異なることに留意し、使用するソフトウェアの座標参照系の対応状況を確認するべきである。

複数の都道府県を跨ぐモデルを作成する場合など、平面直角座標系が複数の系を跨ぐ場合にはいずれか一つの系に統一する。

鉛直座標系の原子である基準水準面は、T.P.を標準とするが、A.P.（荒川水系基準面）、O.P.（淀川水系基準面）等の他の水準面を用いる場合には、ソフトウェアの対応状況を確認し、必要な場合には適切な水準面の標高に変換して利用する。

また、施工、維持管理についても、座標参照系の原子と座標系及び単位を確認する。その他、測地成果 2000 と測地成果 2011 に関わる留意点については、続く参考情報を参照する。

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」(<https://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/surveycalc/tky2jgd/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」(<https://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/surveycalc/patchjgd/index.html>)等を利用することが可能である。

構造物の設計で、mm（ミリメートル）の精度が求められる場合は、作成する構造物モデルも mm（ミリメートル）の精度で作成する。これはモデル作成時の単位を mm（ミリメートル）に限定するもので

はなく、単位を m（メートル）として、小数点以下第 3 位の精度でモデルを作成することを示している。

ただし、世界測地系で使用する単位は m（メートル）を規定していることから、構造物モデルを地形モデル（現況地形）や地質・土質モデルに重ね合わせる際に m（メートル）単位で座標を合わせる必要がある。

また、同上の理由により構造物モデルは小座標系（ローカル座標系）にて作成し、地形モデル（現況地形）、地質・土質モデル、その他の構造物モデル等と重ね合わせる際に大座標系（平面直角座標系）に変換すればよい。

構造物モデルを作成する単位は、作成するソフトウェアに依存するため、使用したソフトウェア、バージョン、単位を「BIM/CIM モデル作成 事前協議・引継書シート」等に明記する。

2.4 BIM/CIM モデルの詳細度

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 BIM/CIM モデル詳細度を用いて協議するものとする。

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 BIM/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。

地質・土質モデルに対しては、BIM/CIM モデル詳細度を適用しない。詳細は本編の「第 3 章 地質・土質モデル」の「1 地質・土質モデルの作成・活用に関する基本的な考え方」を参照する。

【解説】

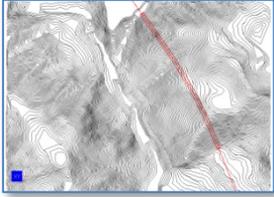
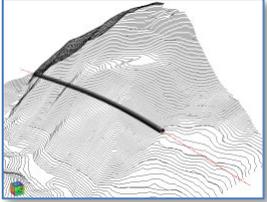
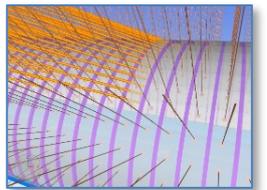
詳細度 (LOD) は、Level Of Detail (形状の詳細度) のほか、Level Of Information (情報の詳細度)、Level Of Development (展開度) 等の考え方があり、BIM/CIM モデルの活用にあたってはいずれも重要である。

情報の詳細度に関しては、今後、試行を通じて検討していくが、本ガイドラインでは形状の詳細度について定義している。

(1) BIM/CIM モデルの詳細度の定義

BIM/CIM モデル作成に用いる詳細度の工種共通の定義を表 3 に示す。各工種の詳細度は、『3次元モデル成果物作成要領 (案)』及び『BIM/CIM 活用ガイドライン (案)』の各分野編による。

表 3 BIM/CIM モデル詳細度（工種共通の定義）（山岳トンネルの例）

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若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、又は各構造物一般図に示される標準横断面を対象範囲でスイープ*させて作成する程度の表現。	構造形式が確認できる程度の形状を有したモデル （トンネル）計画道路の中心線形とトンネル標準横断面でモデル化。坑口部はモデル化せず位置を示す。	
300	附帯工等の細部構造、接続部構造を除き、対象の外形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及び配筋も含めて、正確にモデル化する。	詳細度 300 に加えてロックボルトや配筋を含む全てをモデル化 （トンネル）トンネル本体や坑口部、箱抜き部の配筋、内装版、支保パターン、補助工法の形状の正確なモデル化。	
500	対象の現実の形状を表現したモデル。	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）

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

※スイープ・・・平面に描かれた図形をある基準線に沿って延長させて 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延長させることにより 3 次元モデル化している。

(2) 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 4 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、「国土交通省公共測量作業規程」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

2.5 BIM/CIM を活用するための環境

2.5.1 ハードウェア、ソフトウェアの準備

受発注者は、それぞれ BIM/CIM を活用する検討項目に応じて、ソフトウェアを準備する。ソフトウェアの選定に当たっては、『土木 IFC 対応ソフトウェア確認要件（案）』や『LandXML1.2 に準じた 3 次元設計データ交換ソフトウェア確認要件（案）』を活用する。

また、ソフトウェアの活用にあたっては、活用しようとするソフトウェアが推奨する仕様を満足するハードウェアを準備する。

【解説】

導入するソフトウェアの選定に当たり、J-LandXML の入出力については『LandXML1.2 に準じた 3 次元設計データ交換（案） Ver.1.4』に、IFC ファイルの入出力については『土木モデルビュー定義 2018』に対応したソフトウェアを選定する。なお、それぞれのデータ形式に対応しているソフトウェアについては以下を参照するものとする。

- ・ 『LandXML1.2 に準じた 3 次元設計データ交換（案） Ver.1.4』対応ソフトウェア
OCF 認証ソフトウェア一覧(LandXML)／（一社）OCF
https://ocf.or.jp/kentei/land_soft/
- ・ 『土木モデルビュー定義 2018』対応ソフトウェア
土木モデルビュー定義対応ソフトウェア一覧／（一社）buildingSMART Japan
<https://www.building-smart.or.jp/ifc/passedsoft/>

なお、受注者が個別に使用するソフトウェアにより作成された BIM/CIM モデルの閲覧・確認を必要とする場合は、協議を行いビューワ等について受注者等より入手するものとする。

また、『BIM/CIM 活用ガイドライン（案）』に対応した J-LandXML に関するソフトウェアについて、ソフトウェア固有の対応範囲や留意事項があるため、それらについては、上記サイトのほか、以下を参考に事前確認の上、利用する。

- ・ BIM/CIM 活用ガイドライン対応ソフトウェア一覧／（一社）OCF
<https://ocf.or.jp/cim/cimsoftlist>

また、ハードウェアは、導入するソフトウェアが推奨する仕様を満足するハードウェアを選定することを基本とするが、受注者が個別に使用するソフトウェアを用いた BIM/CIM モデルの閲覧・確認に支障がないよう、必要に応じて予め複数のソフトウェアが推奨する仕様を満足する高性能なハードウェアを準備する。

国土交通省国土技術政策総合研究所にて、i-Construction 型出来形管理へ対応するソフトウェアを調査した結果を一覧として、以下にまとめている。

【参考】国土交通省国土技術政策総合研究所 社会資本施工高度化研究室

http://www.nilim.go.jp/lab/pfg/bunya/ict_dokou/document.html

2.5.2 情報共有システムの活用

発注者は、情報共有システム機能要件を満足する情報共有システムを使用できるよう、予め情報セキュリティ要件を確認する。

受注者は、情報共有システムを活用しようとする場合には、活用する情報共有システムが『工事期間中における受発注者間の情報共有システム機能要件』又は『業務履行中における受発注者間の情報共有システム機能要件』を満足することを確認する。

【解説】

BIM/CIM モデルの授受に関しては、一般的に大容量データになることから、情報の授受に必要なとする通信環境を確保するとともに、円滑な情報の共有及び蓄積を図るため、情報共有システム等の外部クラウドサービス等の積極的な活用を検討する。

業務又は工事において、情報共有システムを活用する場合は、『土木工事等の情報共有システム活用ガイドライン』を参照する。

情報共有システムは、以下を参考に必要な機能等を事前確認の上利用する。

<情報共有システム提供者における機能要件対応状況関連資料へのリンク>

https://www.cals-ed.go.jp/jouhoukyouyuu_taiou/

3 BIM/CIM 活用の流れ

BIM/CIM 活用業務又は BIM/CIM 活用工事の実施に当たっては、前工程の BIM/CIM 成果品等の有無を確認するとともに、受発注者間で BIM/CIM の活用目的、BIM/CIM モデルの作成範囲などを事前に協議、確認を行う。

【解説】

BIM/CIM 活用の流れ（標準的なプロセス）については、以下による。

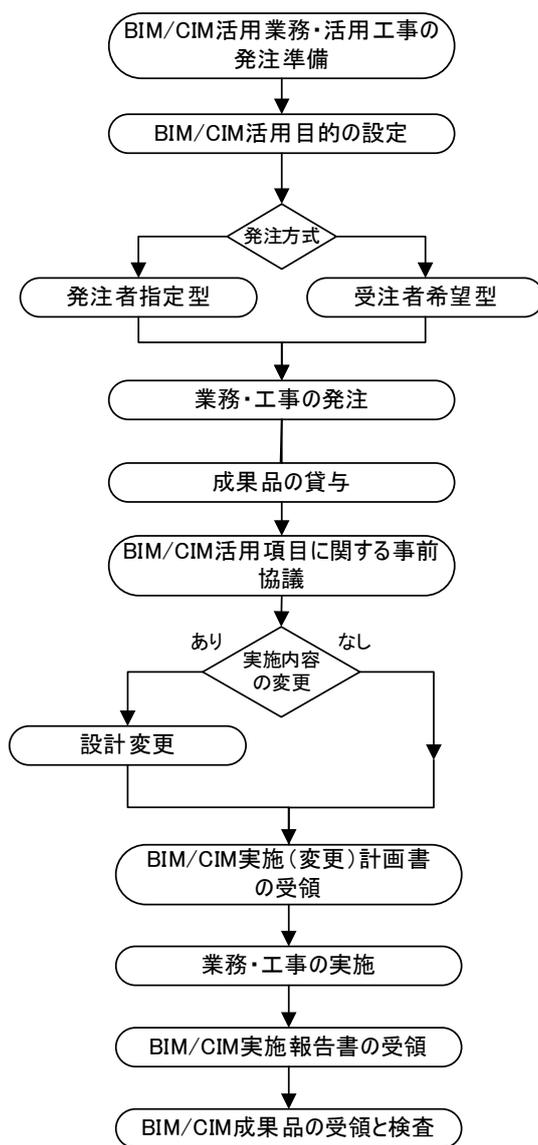


図 14 BIM/CIM 活用の流れ

出典：『発注者における BIM/CIM 実施要領（案）』

3.1 貸与資料の確認及び貸与

発注者は、設計図書に記載した前工程において作成した 3 次元データ等について、電子成果品を確認の上、速やかに受注者に貸与する。

受注者は、貸与された前工程段階の BIM/CIM モデルについて電子成果品を確認し、発注図等との不整合や疑義がある場合は、発注者と協議を行う。

【解説】

受注者は、貸与品・過年度成果について、BIM/CIM モデル作成に活用する成果の有無、内容等の確認を行う。

なお、貸与された電子成果品内に「BIM/CIM モデル作成 事前協議・引継書シート」が格納されている場合は、同様式に記載されている内容（BIM/CIM モデルの作成範囲、詳細度、属性情報等付与の内容、ファイル形式や、次工程への引継ぎ事項、利用上の制約、留意点等）をもとに、前工程成果の BIM/CIM モデルを確認する。

(1) 測量

受注者は、発注者から貸与された測量業務の電子成果品をチェックし、次のフォルダ内にあるメタデータ、3次元点群データファイルの有無、ソフトウェアによる読み込みの可否、測量座標系※、単位、点群データの位置等を確認する。

・フォルダ：/SURVEY/CHIKAI/DATA

受注者は、次のフォルダ内にあるオルソ画像のデータファイルの有無、測量座標系※、単位、位置を確認する。

・フォルダ：/SURVEY/CHIKAI/DATA

※測量座標系については、国土交通省公共測量作業規程付録7_標準図式 第83条を参照

○測量成果として、3次元点群データ、3次元地形データが無い場合の対応

測量成果として、3次元点群データ、3次元地形データが含まれない場合、受発注者協議にて、「受注している調査・設計業務内で測量を実施」、若しくは、「国土地理院・基盤地図情報（数値標高モデル）を使用」のどちらかを選択する。「受注している調査・設計業務内で測量を実施」の場合、設計変更とする。

(2) 地質・土質調査

受注者は、発注者から貸与された地質・土質調査業務の電子成果品をチェックし、次のフォルダ内にある地質・土質モデルの有無、ソフトウェアによる読み込みの可否、測地座標系、投影座標系、単位、ボーリングの位置等を確認する。

・フォルダ：/ICON/BIMCIM/BIMCIM_MODEL/GEOLOGICAL

○地質・土質モデルが存在しない場合

地質・土質モデルの作成の有無、作成対象のモデル、保存形式については、受発注者協議において決定するものとする。「受注している調査・設計業務内で地質・土質モデルを作成」の場合、設計変更とする。

(3) 調査設計業務

受注者は、発注者から貸与された調査設計業務の電子成果品をチェックし、次のフォルダ内にあるBIM/CIMモデルの有無、ソフトウェアによる読み込みの可否、測量座標系※、単位、BIM/CIMモデルを構成する部品の有無、リンクの整合、位置等を確認する。

・フォルダ：/ICON/BIMCIM/DOCUMENT : /ICON/BIMCIM/BIMCIM_MODEL

3.2 事前協議の実施

業務又は工事の着手に当たって、発注者は BIM/CIM の活用に関する事前協議（以下、「事前協議」という。）を実施する。なお、事前協議においては、BIM/CIM の活用目的（発注者が指定するリクワイヤメント及び受注者が提案する検討事項）、モデル作成の範囲及び詳細度、使用するソフトウェア及び情報共有環境、ファイル形式、電子成果品の納品方法、その他の項目について決定する。

【解説】

発注者、受注者は、BIM/CIM モデルの活用目的、BIM/CIM モデルの作成範囲、使用機器、使用ソフト及びバージョン、詳細度、納品ファイル形式、成果品の納品媒体等を協議で決定する。『BIM/CIM モデル等電子納品要領（案）及び同解説』を参照する。

BIM/CIM モデルの詳細度及び属性情報等は、『3次元モデル成果物作成要領（案）』及び『BIM/CIM 活用ガイドライン（案）』の各分野編による。

発注者は、設計・施工段階で作成した BIM/CIM モデルを維持管理段階でどのように活用するかを事前に検討の上、活用場面に応じて設計及び施工段階で付与しておくべき情報を受注者に提示できるようにする。

また、『BIM/CIM モデル作成 事前協議・引継書シート』の事前協議時記入欄に、事前協議結果を記入する。『BIM/CIM モデル作成 事前協議・引継書シート』については、『BIM/CIM 活用ガイドライン（案）第1編 共通編』別紙『BIM/CIM モデル作成 事前協議・引継書シート』を参照。

事前協議の例を以下に示す。

なお、下表はあくまでも事例であり、当該業務における BIM/CIM の活用場面、活用目的を受発注者間で十分に協議した上で、BIM/CIM モデルの作成範囲や詳細度（目安）を決定する。

【橋梁詳細設計時・業務発注時の例】
<p>(1) BIM/CIM モデルの活用目的</p> <p>本 BIM/CIM モデルは本設計において以下で活用することを目的として実施する。</p> <ul style="list-style-type: none">● 施工計画の可視化● 設計品質の向上● 各種協議における合意形成時間の短縮と判断の迅速化
<p>(2) BIM/CIM モデル作成範囲と詳細度（目安）</p> <p>本業務における BIM/CIM モデル作成範囲は橋梁（上部工・下部工・付属物）及び交差道路を対象とする。</p> <ul style="list-style-type: none">● 橋梁本体工は過密配筋部の検証を行うため詳細度 400 で作成する。ただし、配筋モデルの作成は過密配筋が懸念される〇〇部のみを対象に行う。● 付属物では今回設計しない照明や標識はモデル化しない。● 施工計画・架設計画では詳細度を 200 とした 3 次元モデルを作成する。
<p>(3) BIM/CIM モデル構築環境</p> <ul style="list-style-type: none">● BIM/CIM モデル作成ツールは以下を用いる。<ul style="list-style-type: none">➢ 地形モデル・道路モデル 製品名（〇〇社）➢ 構造物・仮設物モデル //➢ 属性情報等付与 //● 受発注者間での BIM/CIM モデルの受送信方法の確認<ul style="list-style-type: none">➢ ■■データ転送サービスを利用
<p>(4) 使用データ</p> <ul style="list-style-type: none">● 貸与資料は 3 次元道路中心線形モデル、測量成果（3 次元点群データ、オルソ画像）、地質・土質調査成果（ボーリングデータ、地質平面図、地質縦断図、地質横断図）及び予備設計時の橋梁モデルとし、使用ソフト等その詳細は BIM/CIM モデル作成事前協議・引継書シートを確認すること。● 広域地形に貼り合わせる航空写真は発注者から別途貸与する。
<p>(5) ファイル形式、納品形式 ※</p> <ul style="list-style-type: none">● BIM/CIM モデルのファイル形式は以下のとおりとする。また、それぞれの作成元ファイルも納品する。<ul style="list-style-type: none">➢ 地形モデル・道路モデル J-LandXML 及びオリジナルファイル（〇〇形式）➢ 構造物・仮設物モデル IFC2x3 及びオリジナルファイル（xx 形式）➢ 属性情報等 CSV、PDF 等● 電子媒体<ul style="list-style-type: none">➢ データ容量 40GB 程度想定のため、ブルーレイディスク（BD-R DL）とする。

※ファイル形式、電子媒体については、『BIM/CIM モデル等電子納品要領（案）及び同解説』を参照。

3.3 BIM/CIM 実施計画書の作成・提出

受注者は、事前協議の実施内容に基づき、BIM/CIM 活用にあたっての必要事項を「BIM/CIM 実施計画書」に記載し、発注者に提出する。

【解説】

作成は、「BIM/CIM 活用業務実施要領」又は「BIM/CIM 活用工事実施要領」、「BIM/CIM 実施計画書（案）」(http://www.nilim.go.jp/lab/qbg/bimcim/spec_cons_new.html)を参考とする。

また、特記仕様書等により発注者から指定された要求事項、又は受注者希望による実施事項について併せて記載する。

提出後、BIM/CIM 実施計画書の内容に変更が生じた場合は、「BIM/CIM 実施（変更）計画書」を作成し、発注者に提出する。

3.4 業務中又は工事中の BIM/CIM 活用

「段階モデル確認書」や「BIM/CIM 実施計画書」に基づき、BIM/CIM を活用するとともに、それぞれの段階や場面において、BIM/CIM モデルの確認や活用項目が達成されているか確認する。

【解説】

「段階モデル確認書」を活用している場合は、プロセスマップに記載する段階モデル確認の各段階で、BIM/CIM モデルの確認を実施する。

発注者は、BIM/CIM 実施計画書に活用場面が記載されている場合は、記載された活用場面において活用項目が達成されているか確認する。

BIM/CIM を活用した意思決定を実施する場合は、手戻りとならないよう関係者間で情報を共有し、判断の結果を記録する。与条件の不足その他の理由により、後工程において判断が変更される恐れがある場合は、その旨を記録する。

実施計画書の記載内容に変更が生じた場合は、受発注者による協議により実施（変更）計画書を作成する。

3.5 成果品の作成

受注者は、BIM/CIM 活用業務又は BIM/CIM 活用工事で作成した BIM/CIM モデル及び各種事前協議、計画書等を電子成果品として作成するものとする。

【解説】

受注者は、以下の電子成果品を作成する。

① BIM/CIM モデル

作成した BIM/CIM モデルを現行の成果に加えて電子成果品として作成する。

維持管理段階への確実な引継ぎを行うため、施工段階で BIM/CIM モデル（形状）を更新しなかった場合でも、属性情報等を新たに付与しなかった場合でも、当該工事目的の BIM/CIM モデルを一式、電子媒体に格納する。

② BIM/CIM モデル照査時チェックシート

受発注者協議で決定した事項（BIM/CIM モデルの作成目的、作成範囲、詳細度等）や 2 次元の図面との整合等について、「BIM/CIM モデル照査時チェックシート」に基づくチェックを行い、照査結果を記載する。

③ BIM/CIM モデル作成 事前協議・引継書シート

納品時記入欄に、BIM/CIM モデルの更新及び属性情報等付与の内容や、次工程に引き継ぐための留意点等を記載する。

『BIM/CIM モデル作成 事前協議・引継書シート』については、『BIM/CIM 活用ガイドライン（案）第 1 編 共通編』別紙『BIM/CIM モデル作成 事前協議・引継書シート』を参照。

④ BIM/CIM 実施計画書、BIM/CIM 実施（変更）計画書、BIM/CIM 実施報告書

「BIM/CIM 実施計画書」、「BIM/CIM 実施（変更）計画書」に基づき、BIM/CIM を実施した結果を「BIM/CIM 実施報告書」に記載する。

⑤ その他

必要に応じて、その他の BIM/CIM モデル作成に関する書類、動画等を作成する。

詳細は、次の手引きを参照。

・『BIM/CIM モデル等電子納品要領（案）及び同解説』

3.6 成果品の納品・検査

受注者は、『BIM/CIM モデル等電子納品要領（案）及び同解説』に基づき、電子成果品を作成し納品する。

発注者は、『BIM/CIM モデル等電子納品要領（案）及び同解説』に基づき電子成果品が作成されているか検査を実施する。

【解説】

受注者は、『BIM/CIM モデル等電子納品要領（案）及び同解説』に基づき、電子成果品を作成する。作成した電子成果品は『土木設計業務等の電子納品要領』及び『工事完成図書の電子納品等要領』の「ICON フォルダ」下に「BIMCIM フォルダ」を作成し、格納する。

発注者は、『BIM/CIM モデル等電子納品要領（案）及び同解説』に基づき電子成果品が作成されているか検査を実施する。「3.5 成果品の作成」において作成されたモデルの他、「BIM/CIM モデル作成 事前協議・引継書シート」「BIM/CIM 実施計画書」、「BIM/CIM 実施報告書」等が格納されていることを確認するとともに、属性情報及び参照資料が参照可能であること、また、外部参照のリンク切れが無いことを電子成果品から確認する。

また、電子成果品の納品を受けた後、後工程における利活用が円滑に実施できるよう、成果品の適切な保管・管理を実施する。

BIM/CIM モデル等の成果品の作成範囲を次に示す。

（『BIM/CIM モデル等電子納品要領（案）及び同解説』より抜粋。）

- ① BIM/CIM モデル照査時チェックシート、BIM/CIM モデル作成 事前協議・引継書シート、BIM/CIM 実施計画書、BIM/CIM 実施（変更）計画書、BIM/CIM 実施報告書等
- ② BIM/CIM モデル：構造物や地形等の各 BIM/CIM モデル
- ③ 統合モデル：各 BIM/CIM モデルを統合したモデル
- ④ 動画等：イメージ画像や動画等のファイル
- ⑤ リクワイヤメント（要求事項）として特別な検討のために作成した BIM/CIM モデル

上記の①は、BIM/CIM 活用業務及び BIM/CIM 活用工事において納品すべき文書等である。

上記の②、③、④は、BIM/CIM 活用業務にあつては測量・調査・設計の最終結果に基づいて作成した BIM/CIM モデル、BIM/CIM 活用工事にあつては完成時の対象構造物等の BIM/CIM モデル（以下「成果物モデル」という。）である。

上記の⑤は、リクワイヤメントとして特別な検討のために作成した BIM/CIM モデル（設計－施工間の連携を目的とした 4 次元モデル、過密配筋の照査箇所の 3 次元モデル等）（以下「要求事項モデル」という。）である。

表 5 成果物モデルと要求事項モデルの違い

BIM/CIM モデル	BIM/CIM モデル作成に係る基準要領等		
	BIM/CIM 活用業務		BIM/CIM 活用工事
	詳細設計	詳細設計以外	
成果物 モデル	・ 3次元モデル成果物作成要領 (案)	・ BIM/CIM 活用ガイドライン (案) を参考に設定	・ BIM/CIM 活用ガイドライン (案) を参考に設定
要求事項 モデル	・ BIM/CIM モデルの作成方法、 ファイル形式等は規定しない	・ BIM/CIM モデルの作成方法、 ファイル形式等は規定しない	・ BIM/CIM モデルの作成方法、 ファイル形式等は規定しない

詳細は、次の手引きを参照。

- ・『BIM/CIM モデル等電子納品要領（案）及び同解説』

第2章 測量

1 設計に求められる地形モデル（精度等）

1.1 公共測量と地図情報レベル

1.1.1 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。

1.1.2 地図情報レベル

地図情報レベルとは、国土交通省公共測量作業規程にて、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6 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：「国土交通省公共測量作業規程」

国土交通省公共測量作業規程等で、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下表に示す。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 7 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				○			

1.2 3次元測量手法の適用範囲と特徴

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。

BIM/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。

3次元測量手法については、その方式の違い、計測高度の違い等から、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。

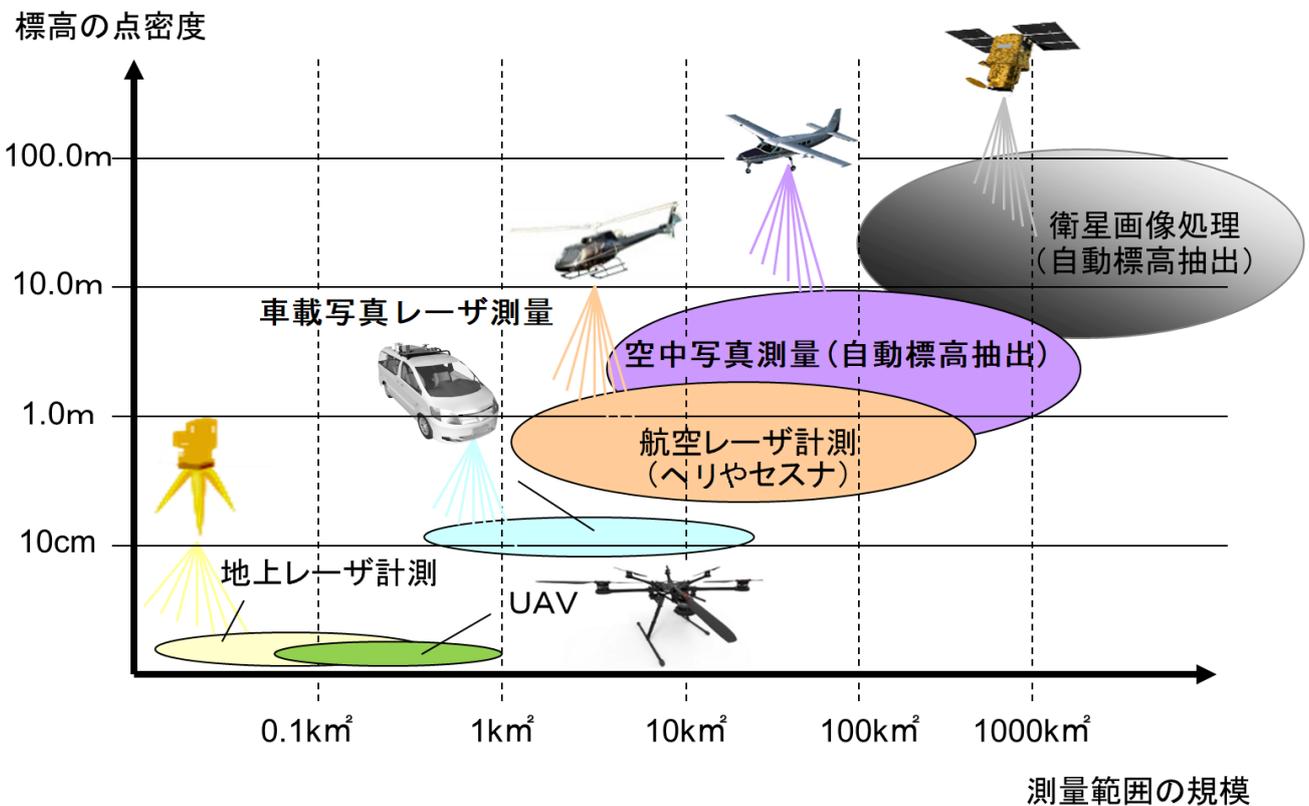
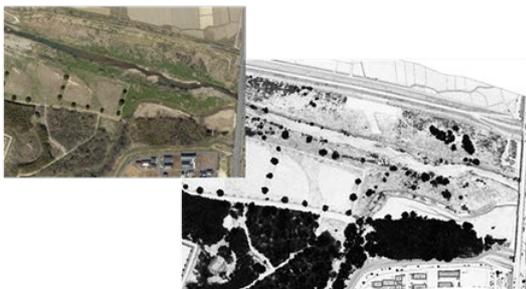


図 15 3次元測量手法の点密度と適用範囲

出典：CIM 技術検討会 平成 26 年度報告 (CIM 技術検討会)

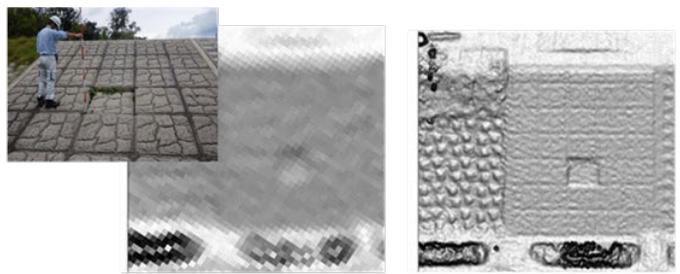
なお、これらの手法により取得される 3 次元点群データについては、「計測点密度（計測点間隔）」「フットプリント（対象物を計測した際のレーザ径）」の 2 つの要因により空間分解能が決まる。例えば、図 16 左図のように、地図情報レベル 1000 や 500 の地形モデルを生成する場合は、数 m から数十 cm 程度の計測点密度、フットプリントの空間分解能を持った 3 次元点群データが使用される。一方、図 16 右図のように、護岸被覆など構造物モデルを生成する場合は、数十 cm や数 cm 程度の計測点密度、フットプリントの空間分解能を持った高精細な 3 次元点群データを利用する。対象範囲、位置精度、計測対象物の細かさ、目的に応じて、適切な計測点密度及びフットプリントに対応したレーザ計測機器の選定が重要となる。

●地形の表現事例



点間隔：約50cm、フットプリント約50cmで取得された点群の陰影図

●構造物等細かい形状の表現事例



点間隔：約50cm、フットプリント約50cmで取得された点群の陰影図

点間隔：約10cm、フットプリント約10cmで取得された点群の陰影図

図 16 計測点密度及びフットプリントによる地形・構造物の再現性の違い

表 8 3次元測量手法の特徴

3次元測量手法		計測点密度*3	計測制限等の特記事項
衛星画像処理		1点/25 m ² 程度 (5m 間隔程度)	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。
空中写真測量		1点/ m ² 程度	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。
航空レーザ測量		1~10点/m ² 程度	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。
車載写真レーザ測量		4~400点/m ² 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。
UAV (Unmanned Aerial Vehicle : 無人航空機)	写真測量	400点/m ² 程度 ※生成する点群の密度	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	4~400点/m ² 程度	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。
地上レーザ測量		10,000点/m ² 程度	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。
航空レーザ測深		陸部：10点/m ² 程度 水部：1点/m ² 程度	測深性能は、透明度や水質に依存される。 浅い水深域を安全に計測可能。
マルチビーム測深		3点/m ² 程度	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。 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る。 計測時は、流木や水中の障害物の有無や水深の変化に注意が必要。

*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)

*3計測点密度 : 利用目的に応じて要求される点密度を選定する

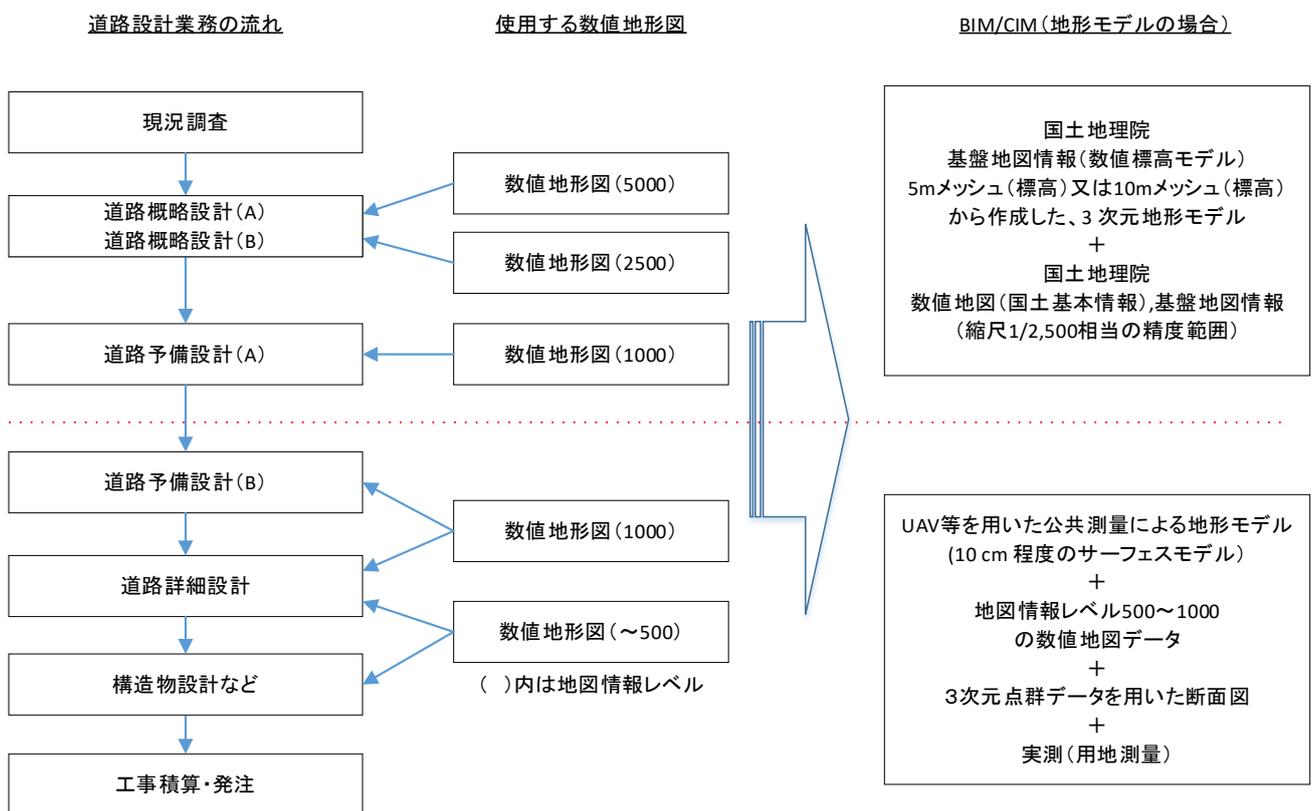
1.3 地形モデルを利用する際の留意点

1.3.1 従来図面と地形モデルの違い

道路設計を例に従来手法と BIM/CIM による手法を比較する。

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。

BIM/CIM における道路設計の概略設計では、空中写真測量により作成した 1/2,500~1/5,000 レベルの地形図あるい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。



※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、UAV レーザ測量、地上レーザ測量及び規程 17 条第 2 項の適用により 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、「三次元点群データを使用した断面図作成マニュアル（案）平成 31 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 17 従来手法と BIM/CIM による手法との比較（道路設計の場合の概要）

1.3.2 各設計工程における留意点

地形モデルは形状情報だけで周辺の地目や構造物の情報等の属性情報を持たないので、設計時には地形図他の情報も必要となる。

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すべがない。国土数値情報を用いて作成した建物などのサーフェスモデル、ソリッドモデル等による補助が必要となる。

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 (Total Station : トータルステーション) 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なければ、コントロールポイントとなる構造物が建物壁面にかかる、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。

2 BIM/CIM モデルに利用するための測量方法

2.1 BIM/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

BIM/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、組み合わせが必要である。

3 次元測量は、「国土交通省公共測量作業規程」及び「マニュアル」に規定する手法で行い、所定の精度管理を行うことが必要である。複数の測量手法を組み合わせる場合には、それぞれの要求精度を考慮して利用する。

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。

BIM/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」（※1）等が存在する。

レーザ計測技術を利用した手法としては、レーザスキャナとカメラを有人航空機に搭載した「航空レーザ測量」、レーザスキャナとカメラを車両に搭載した「車載写真レーザ測量」、レーザスキャナを UAV に搭載した「UAV レーザ測量」（※2）、レーザスキャナを地上に設置して計測する「地上レーザ測量」（※1）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、組み合わせが必要である。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。

（※1）UAV を用いた公共測量及び地上レーザ測量については、国土交通省公共測量作業規程を用いることで、精度良く地形データを作成可能である。

（※2）本ガイドライン策定時点では、新たな測量技術を含め、「国土交通省公共測量作業規程」に規定されない測量手法を用いる場合には、「国土交通省公共測量作業規程」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。

2.2 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。有人の航空機あるいは UAV 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。航空機では広域、UAV では局所的な計測に適している。

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。

2.2.1 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

- ・ 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。
- ・ 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。
- ・ 写真が取得できるため、現地状況等が視覚的に確認することができる。

(2) デメリット

- ・ 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。
- ・ 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 9 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
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：「国土交通省公共測量作業規程」より整理

2.2.2 主な利用場面

空中写真測量では、地形、地物等を撮影し、その数値写真を用いて数値地形図データを作成する。数値地形図データ作成の工程別作業区分及び順序は、国土交通省公共測量作業規程で定義されている。広域的に均一の精度に建物や地形・地物の計測ができるなど、測量効率が良く幅広く利用されている。

航空機による空中写真測量では、地図情報レベルは 500、1000、2500、5000 及び 10000 を標準とし、UAV 写真測量では、地図情報レベルは 250 及び 500 を標準とする。

2.3 航空レーザ測量

航空レーザ測量は、航空機にレーザスキャナ、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。

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。ノイズを除去したオリジナルデータから建物や樹木等をフィルタリングしたグランドデータを生成し、格子状の標高データである数値標高モデル（以下、「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。

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。

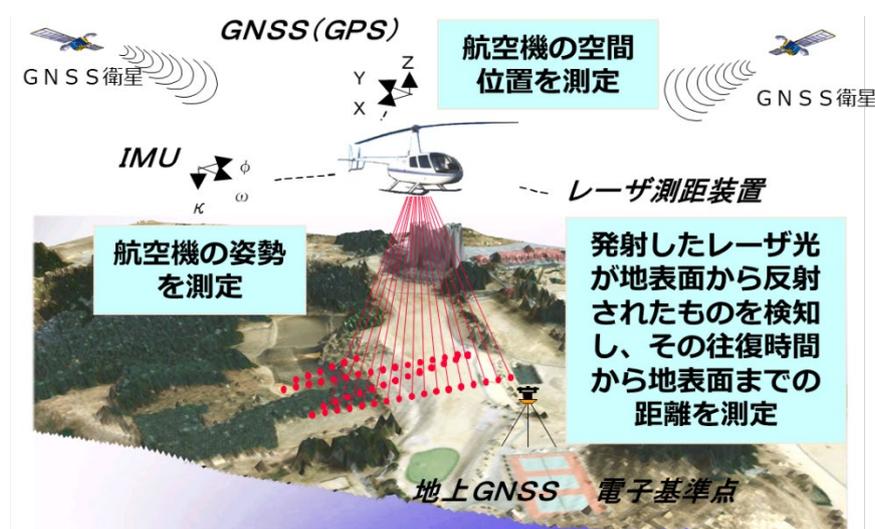


図 18 航空レーザ測量

2.3.1 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

- ・ 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。
- ・ 広域な範囲を効率的に計測することができる。
- ・ 樹木があっても地表面の計測が可能である（樹木下は、葉や枝の隙間をレーザ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、樹高の把握も可能である。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）。

(2) デメリット

- ・ 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。
- ・ 地上付近より計測する技術に比べ、測量精度が低い。

(3) 地形測量精度

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。

2.3.2 主な利用場面

航空レーザ測量は、広域な地形測量のほか、土砂災害等の把握やリスク調査、森林調査、電力施設調査、遺跡調査等に利用されている。近年では、定期的に航空レーザ計測を実施することにより 3次元地形データを取得し、豪雨や地震による災害発生後の計測データと比較して、被害状況を迅速かつ詳細に把握するなどの活用が進んでいる。

また、航空レーザ計測の主目的である地形把握にあたって、フィルタリング処理で除去していた植生や建物などの地物についても、これら 3次元データが森林解析（樹高分布など）や送電線等の電力施設等の把握、建物変化（経年変化のほか地震時の倒壊被害など）、建物影響（洪水氾濫や土砂氾濫における建物の影響検討等）などへの活用が進んでいる。

2.4 車載写真レーザ測量

車載写真レーザ測量は、車両にレーザスキャナ、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。

BIM/CIM 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。

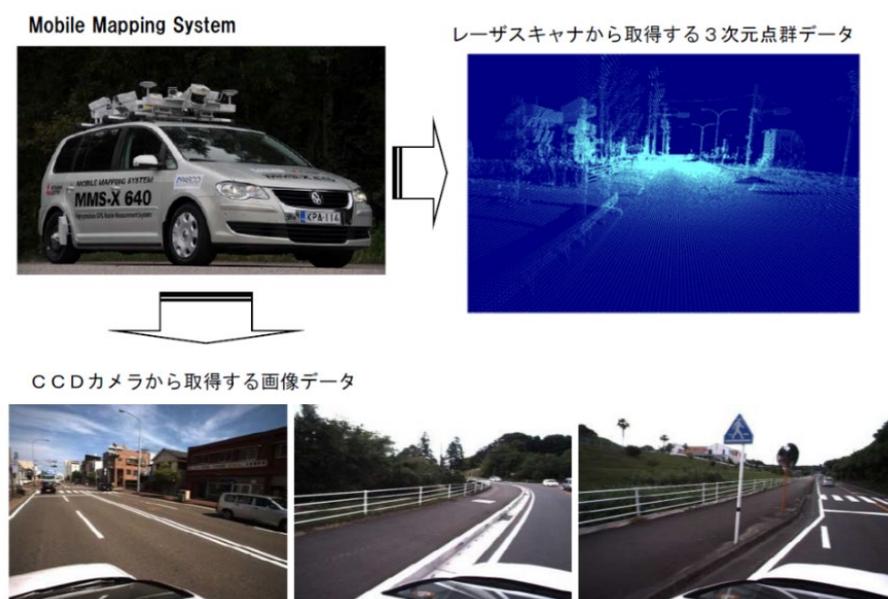


図 19 モービルマッピングシステム (MMS)

出典：CIM 技術検討会平成 26 年度報告 (CIM 技術検討会)

2.4.1 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

- ・ 計測調査で交通規制を行う必要がない。
- ・ 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

- ・ 山間部の GNSS 受信状況が悪い区域や未舗装道路は不向き。
- ・ 構造物等で遮断された箇所は計測できない。

(3) 地形測量精度

表 10 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

出典：「国土交通省公共測量作業規程」より整理

表 11 利用目的ごとの要求点密度

利用目的	要求点密度（標準値）
数値地形図データ作成	25点/m ² 以上
地形取得	10点/m ² 以上
出来形管理	100点/m ² 以上
起工測量	4点/m ² 以上

出典：「車載写真レーザ測量システムを用いた三次元点群測量マニュアル(案)」

表 12 利用目的ごとの要求精度

利用目的	要求精度（標準値）	要求精度（対象）	備考
数値地形図データ作成	0.25m（標準偏差）	標高	
地形取得	0.1～0.25m（標準偏差）	標高	
出来形管理	±0.05m以内	標高	参考
起工測量	±0.1m以内	標高	参考

出典：「車載写真レーザ測量システムを用いた三次元点群測量マニュアル(案)」

L（距離）＝10m の場合で測距精度＝約 10cm、取得点間隔＝約 10cm であり、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 まで取得可能である（「国土交通省公共測量作業規程」（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）。

2.4.2 主な利用場面

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。

車載写真レーザ測量で取得した道路地形モデルから、車線ごとの縦断図や任意地点における横断図を作成することができ、道路改良設計等の基礎資料として活用できる。交通規制を行うことなく計測できることから、交通量の多い路線やトンネル点検、特車通行許可等の管理業務に役立てられている。

河川では、堤防堤外地水部までレーザが届く長距離タイプ（ロングレンジ：最大 500m まで計測可能）のレーザスキャナ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。

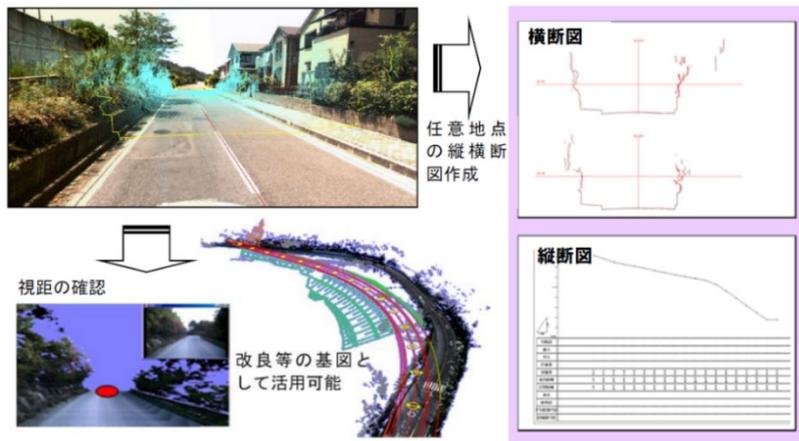


図 20 道路設計での活用

出典：CIM 技術検討会平成 26 年度報告（CIM 技術検討会）

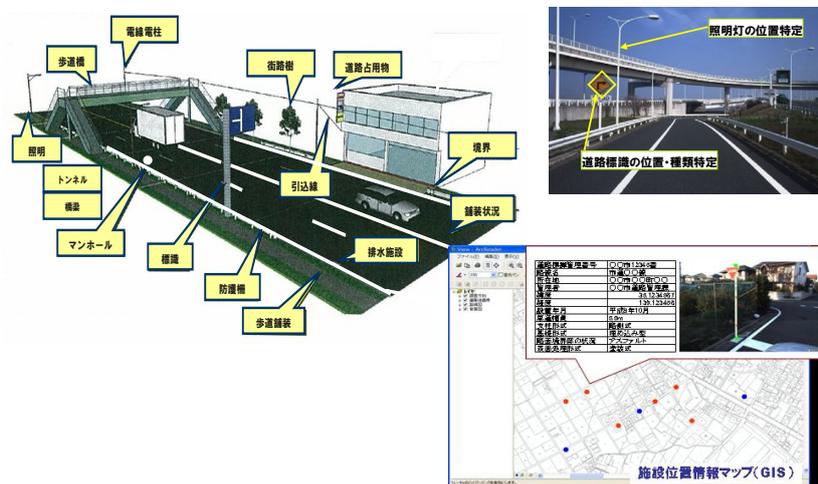


図 21 道路の維持管理での活用（施設管理）

出典：CIM 技術検討会平成 26 年度報告（CIM 技術検討会）



図 22 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）

2.5 UAV 写真点群測量

UAV 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 月改正」（国土地理院）の公表後、令和 2 年 3 月には「国土交通省公共測量作業規程」に UAV 写真測量とともに UAV 写真点群測量が追加された。UAV 写真点群測量とは、UAV により地形、地物等を撮影し、その数値写真を用いて三次元点群データを作成する作業をいう。

UAV 写真点群測量では、撮影された写真から 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。

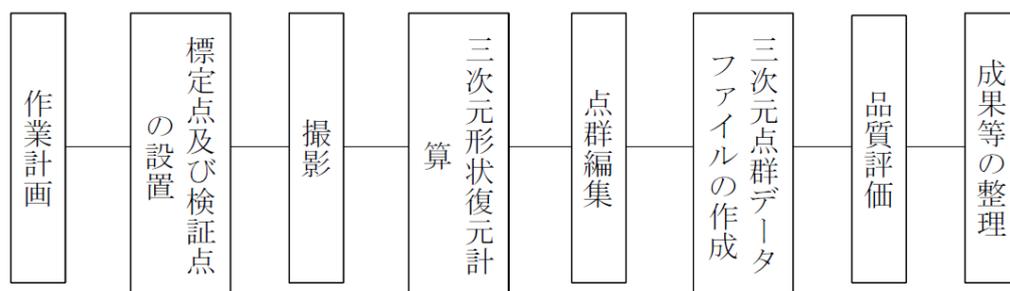


図 23 UAV を用いた空中写真による 3 次元点群測量における工程別作業区分及び順序

出典：「UAV を用いた公共測量マニュアル（案）」（国土交通省）

2.5.1 主な特徴

UAV 写真点群測量の主な特徴を次に示す。

(1) メリット

- ・ 局地的な範囲の点群データが容易に取得できる。
- ・ 人が立ち入れない箇所でも、計測が可能。

(2) デメリット

- ・ UAV の落下に対する安全の確保が必要。
- ・ 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。
- ・ 強風や雨などの天候により計測できない。

- ・ 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

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。UAV 写真点群測量の場合には、要求する 3 次元点群データの位置精度に応じた地上画素寸法が規定されており、対地高度は使用するデジタルカメラの 1 画素のサイズと焦点距離に応じて決定される。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）（令和 2 年 3 月改正 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。

表 13 点群測量における位置精度と地上画素寸法

位置精度	地上画素寸法
0.05m 以内	0.01m 以内
0.10m 以内	0.02m 以内
0.20m 以内	0.03m 以内

出典：「国土交通省公共測量作業規程」より整理

表 14 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：「国土交通省公共測量作業規程」

2.5.2 主な利用場面

UAV 写真点群測量では、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。

ICT 土工では、起工測量や出来形計測に利用されており、広く普及した。取得した点群データは、3 次元設計データ等の差分による土量計算や出来形管理に利用されている。

2.6 UAV レーザ測量

UAV レーザ測量は、UAV にレーザスキャナを搭載して、空中から面的に 3 次元で地形を計測する手法である。レーザスキャナや GNSS/IMU システムの小型化の進歩は著しく、UAV への搭載を目的とした機器も登場し、計測に用いる機器の組合せが多様に存在する。また、現在も技術開発が進行中で、今後も進化する可能性がある。このため、利用にあたっては目的や要求仕様に対応した機器を選択することが重要である。

公共測量では、「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）」令和 2 年 3 月改正（国土地理院）において、要求仕様や作業手法の考え方を定めている。また、高精度に計測を実施するために UAV レーザ機材の性能について、GNSS/IMU、レーザスキャナ、UAV 機体の標準仕様が定められている。

UAV レーザ測量は、UAV 写真測量や UAV 写真点群測量にない特徴を有することから実用化が進んできた。設計のための 3 次元測量では、地図情報レベル 500、1000 での地形測量において、樹木の影響が小さく高密度な点群データが取得できることから、地上レーザ測量とともに活用が進んできた。

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

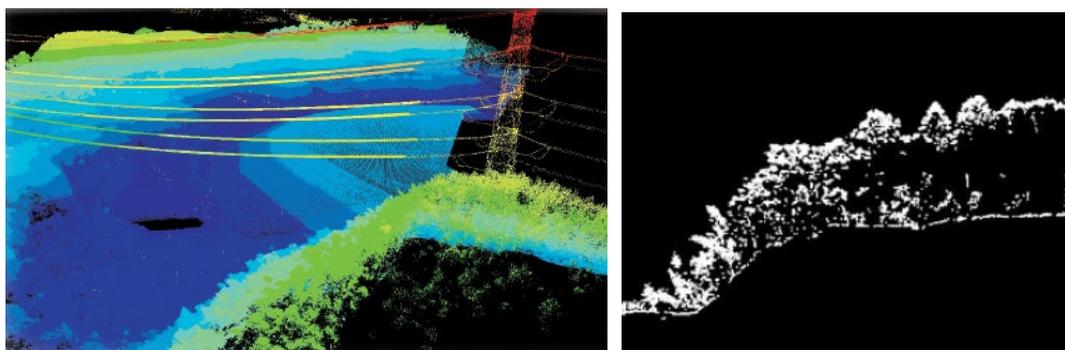


図 24 UAV レーザ測量を利用した点群データ段彩図、断面図

提供：アジア航測株式会社

2.6.1 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

- ・ 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。
- ・ 十分な日照が得られない場合でも計測が可能。
- ・ 局地的な範囲の点群データ取得が可能である。
- ・ 人が立ち入れない箇所でも、計測が可能。

(2) デメリット

- ・ UAV の落下に対する安全の確保が必要。
- ・ 取得データの計測密度にばらつきがある。
- ・ 強風や雨などの天候により計測できない。
- ・ 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

表 15 各成果品目におけるオリジナルデータの要求点密度

成果品目	要求点密度 (標準値)
グラウンドデータ グリッドデータ 等高線データ (植生の影響が小さい箇所)	10～100 点/m ² ※1
グラウンドデータ グリッドデータ 等高線データ (植生の影響が大きい箇所)	20～200 点/m ² ※1
数値図化(地図情報レベル 500)	400 点/m ²
数値図化(地図情報レベル 1000)	100 点/m ²

※1 要求密度は求める地形の詳細度を考慮

標準的には、50cm グリッド、1m 等高線を作成するグラウンドデータは概ね 4 点/m²以上

出典：「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)」

表 16 出来形管理要領におけるグリッド化の要求点密度

利用目的	グリッド化後の点密度
出来形計測	100 点/m ² ※2
起工測量	4 点/m ² ※2

※2 現地の植生状況に応じて適宜増やす必要あり

出典：「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)」

表 17 各成果品目におけるオリジナルデータの要求精度

成果品目	要求精度 (標準値)	要求精度 (対象)
グラウンドデータ グリッドデータ 等高線データ	0.1m (標準偏差)	標高

数値図化 (地図情報レベル 500)	0.15m 以内 (許容範囲) ※3	水平位置
	0.2m 以内 (許容範囲) ※3	標高
数値図化 (地図情報レベル 1000)	0.3m 以内 (許容範囲) ※3	水平位置
	0.3m 以内 (許容範囲) ※3	標高

※3 道路の図化を想定し、準則 188 条 4 項の車載写真レーザ測量における基準を準用した場合

出典：「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)」

表 18 出来形管理要領における要求精度

利用目的	要求精度 (標準値)	要求精度 (対象)
出来形計測	すべての調整用基準点における較差±5cm 以内	X, Y, Z の各成分
起工測量	すべての調整用基準点における較差±10cm 以内	X, Y, Z の各成分

出典：「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)」

2.6.2 主な利用場面

UAV レーザ測量は、有人による航空レーザ計測に比べ局所的な計測に向き、対地高度が低いため高密度な点群データの取得が可能である。グランドデータによる設計のための 3 次元測量や砂防における地形判読のほか、フィルタリングしていないオリジナルデータを活用した森林の樹高解析、送電線等との離隔距離の確認など施工計画や施設管理にも活用することができる。2 時期の点群データの差分解析による災害時の把握等にも利用される。また、ICT 土工における高効率・高精度な施工管理に用いることもできる。

参考：航空法に規制される UAV 飛行禁止区域のうち、空港周辺及び人家の密集地域 (DID 地区) については、「地理院地図」(<https://maps.gsi.go.jp/>) に掲載されている「人口集中地区」及び「空港等の周辺空域」を表示させることで確認することができる。

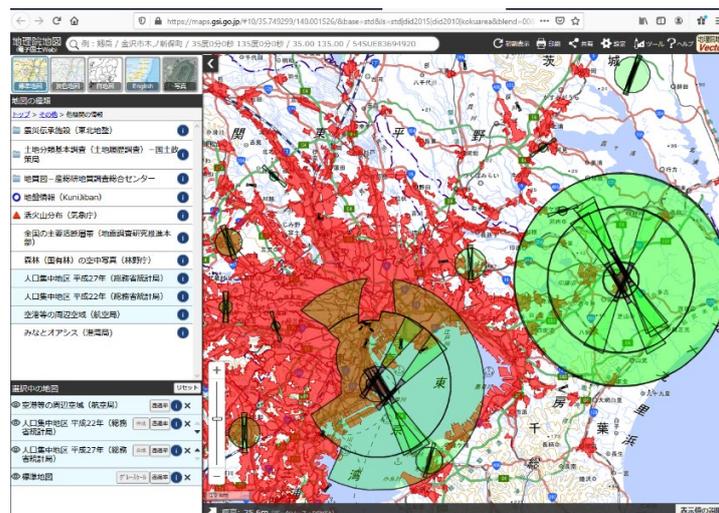


図 25 「地理院地図」による「人口密集地区」と「空港等の周辺空域」の表示例

2.7 地上レーザ測量

地上レーザ測量は、地上でレーザスキャナを用いて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。公共測量を行うために利用する国土交通省公共測量作業規程に、「地上レーザ測量」、「地上レーザ点群測量」として公表されている。ICT活用工事では、舗装工の出来形管理のほか、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。



図 26 地上レーザ測量

2.7.1 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。
- ・ 高精度で高密度な点群データが取得でき、鳥瞰的な表現や実測でなく点群データを用いた縦断面図・横断面図作成が可能である。

(2) デメリット

- ・ 現地に立ち入れない区域は計測できない。
- ・ 計測箇所をピンポイントに計測できない。
- ・ 地表面の計測では、レーザ光が機器から遠ざかるほどレーザ光の照射範囲（スポット径）が楕円形状になり精度が落ちる。
- ・ 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

国土交通省公共測量作業規程で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。また、地上レーザ観測では、複数時期の三次元点群データを取得する場合の観測条件と観測時期間の標高の較差（標準偏差）の標準が定められている。

表 19 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：「国土交通省公共測量作業規程」

表 20 地上レーザ観測による標高の格差と観測条件

対象	観測時期間の標高の較差 (標準偏差)	観測条件	
		放射方向の観測点間隔	最小入射角[度]
水平面	5mm	250mm	4
水平面	10mm	500mm	2
斜面	20mm	1000mm	—

出典：「国土交通省公共測量作業規程」

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。

2.7.2 主な利用場面

他のレーザ計測手法に比べ、高精度で高密度な点群データが取得できることから、従来は遺跡調査に使用されたが、最近では ICT 舗装における出来形管理のほか、設計のための 3 次元測量で使用されるケースが増えている。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。

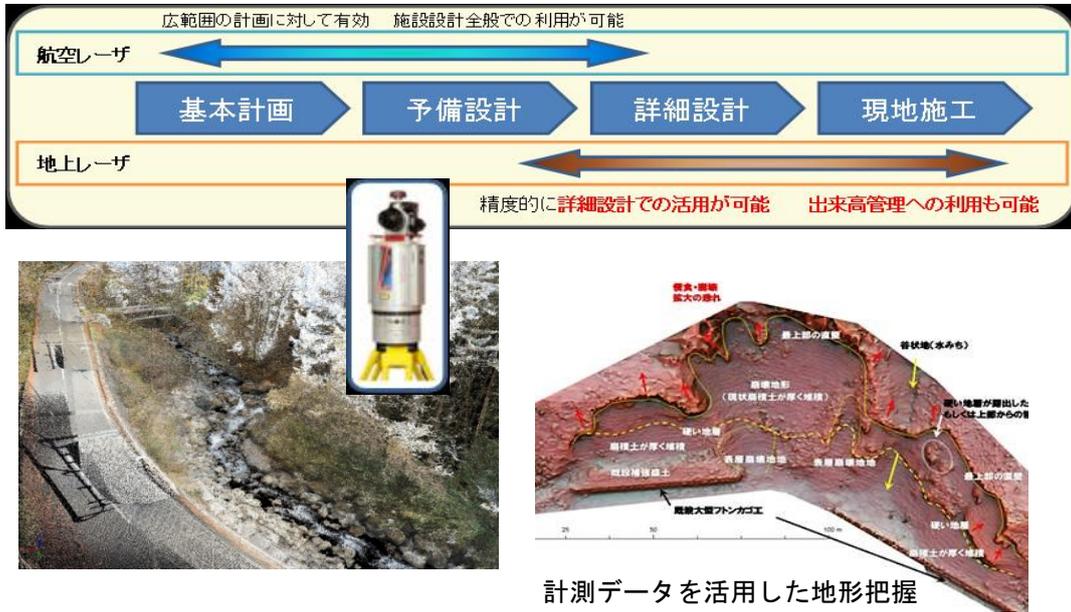


図 27 地上レーザ測量の活用範囲

出典：CIM 技術検討会平成 26 年度報告（CIM 技術検討会）

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

航空レーザ測定の形態として、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。航空機にレーザスキャナ（水部用には緑（グリーン）レーザ）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である。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。

レーザ測深機を用いた測量は、「航空レーザ測深機を用いた公共測量マニュアル（案）平成31年3月」が制定され、緑波長のレーザ光を採用して陸水部の標高を面的に取得するための標準的な作業方法等が定められている。従来の近赤外波長を使用する航空レーザ測量と原理は同じであり、取得した三次元点群データからは、格子状の標高データであるグリッドデータや等高線データの作成が可能である。

海岸・海洋分野、河川分野などで実用的に活用され始めている。このような状況から、「航空レーザ測深機を用いた公共測量マニュアル（案）平成31年3月」（国土地理院）が公表された。

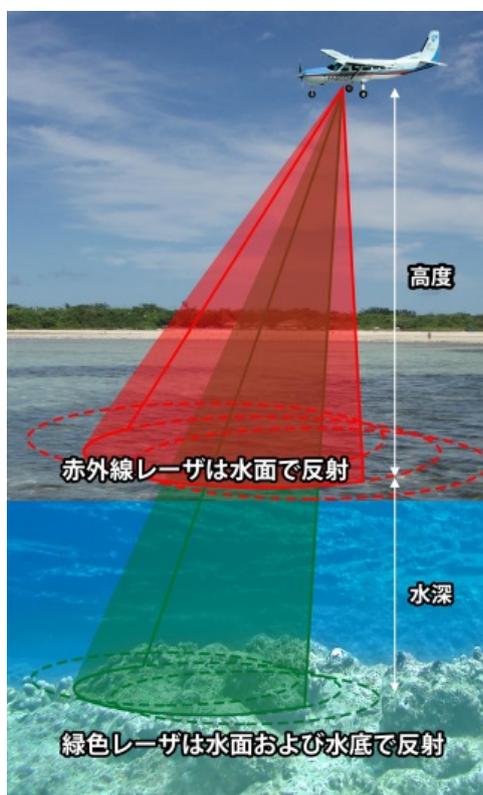


図 28 航空レーザ測深

国土交通省水管理・国土保全局が令和2年2月に「河川管理用三次元データ活用マニュアル（案）」を公表しており、「三次元点群データによる河川定期縦横断測量」として、ALBを使用して三次元点群データを取得する場合の一連の作業の流れが記述されている。

2.8.1 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

- ・ 海域及び河川において、上空からの計測を行うことにより、広範囲の水部内の面的な地形データを取得することができる。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。また、面的な点群データであることから、DEM や等高線データの作成も可能である。
- ・ 一定間隔ごとの断面図からでは把握できなかった面的・局所的な洗堀、深掘れなどの状況把握も可能となる。

(2) デメリット

- ・ 計測域における水質が航空レーザ測深限界に大きく影響し、地域により異なるが計測可能な時期が限定される。なお、計測可能な時期であっても、水質状況や降雨状況、大潮時の河口部における河床土砂の巻き上げの影響等も考慮する必要がある。※
※「河川管理用三次元データ活用マニュアル（案）令和2年2月」参照

(3) 地形測量精度

表 21 精度

区分	精度（標準偏差）
陸部の標高	0.3m 以内
水部の標高	0.3m 以内

出典：「航空レーザ測深機を用いた公共測量マニュアル（案）」

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)

2.8.2 主な利用場面

航空レーザ測深は、海岸、港湾、河川での地形データ取得に用いられている。既存の調査計測事例における水質調査成果では、透明度と計測可能深度とは相関の可能性が、濁度と計測可能深度とは逆相関の可能性がことから、この2つを調査項目として採用することを推奨されている。

河川では、国土交通省の地方整備局、事務所で公共測量として、すでに利用されている。

2.9 マルチビーム測深

水底地形を3次元で計測できるマルチビーム音響測深により、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。

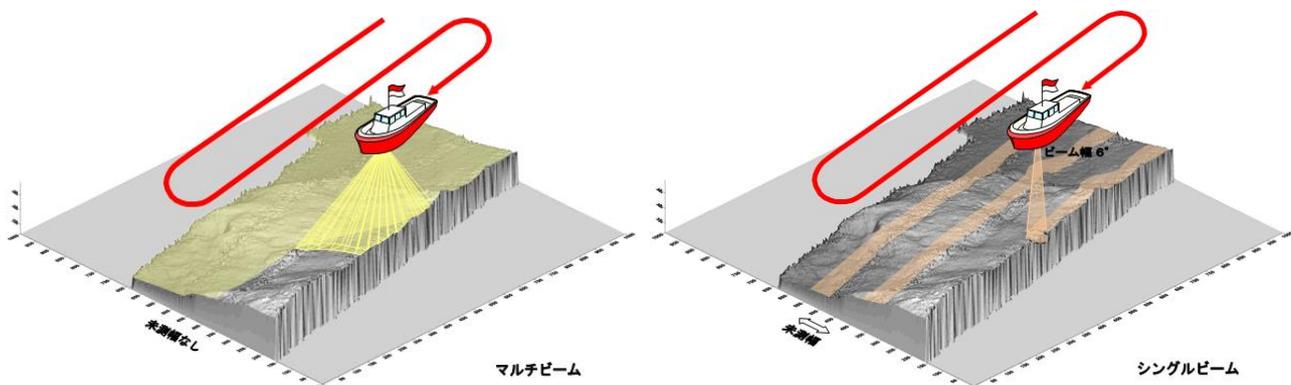


図 29 マルチビーム音響測深とシングルビーム音響測深

2.9.1 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

- ・ 現在、水中地形を面的かつ正確に計測できる一般的な方法である。
- ・ 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。
- ・ 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。

(2) デメリット

- ・ 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。
- ・ 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。
- ・ 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。
- ・ 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（レンジ分解能）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、表 22 のとおり求められている。

表 22 測深精度

要求精度	記載文書
深浅測量の精度 ①定期横断、流量観測用横断 ±15cm ②その他の横断（急流） ±30cm ③その他の横断（緩流） ±20cm ④湖・ダム ±(10+h/100) cm(※) ⑤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 $\sqrt{a^2+(bd)^2}$ m d は水深(m) ①特級の水域の水深 a=0.25m、b=0.0075 ②1a（1b）級の水域の水深 a=0.5m、b=0.013 ③2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)

2.9.2 主な利用場面

マルチビーム測深は、海岸、港湾・漁港、河川、ダム貯水池で利用されている。

海浜の侵食に伴う侵食対策事業等では、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。航路埋没状況や岸壁・防波堤等の水中基礎部の現況把握では取得した3次元データと計画断面等との比較により評価が行なわれている。橋脚・護岸周辺の局所的な河床洗掘状況調査では、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。ダムでは、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機会が増加している。

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、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、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。

2.10 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、レーザスキャナ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。

2.10.1 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（Digital Surface Model：数値表層モデル））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三角形の集合体で表現する。

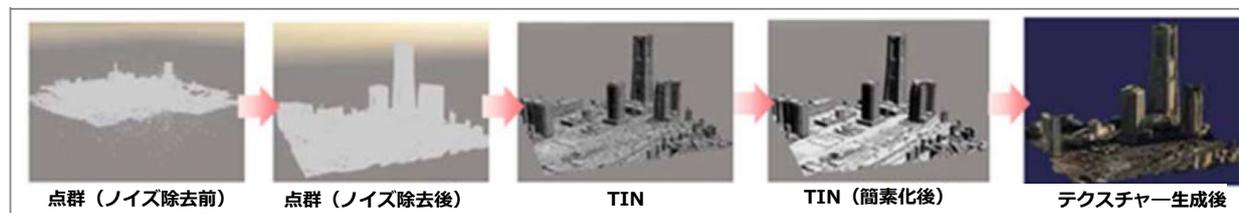
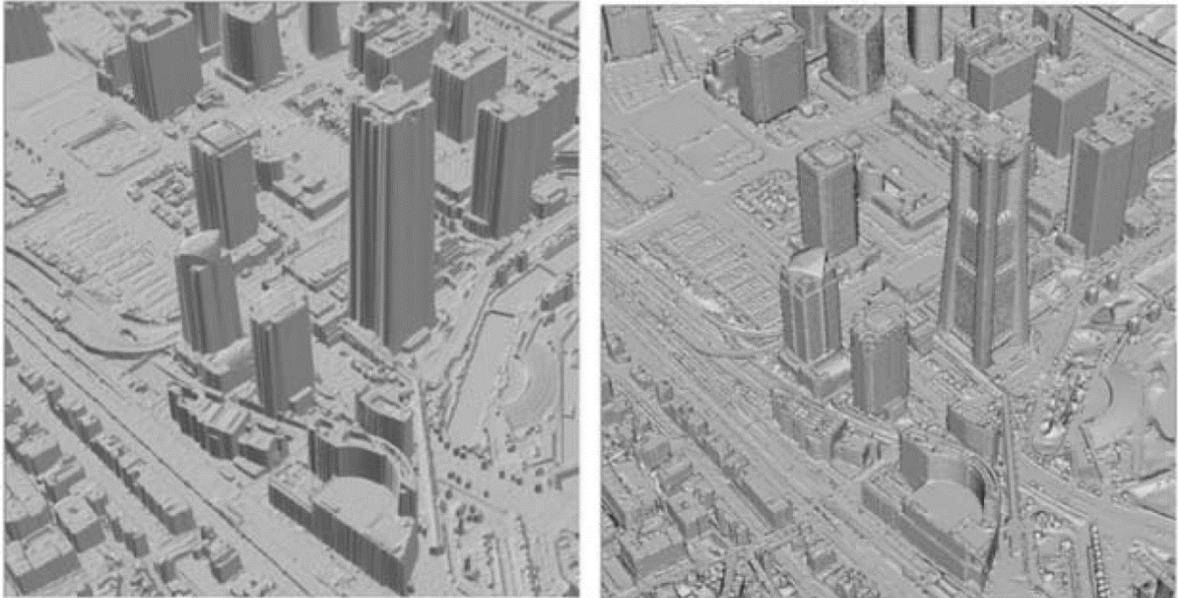


図 30 航空写真撮影による鳥瞰図作成プロセス



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 31 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資するものと思われる。



図 32 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」（CIM 技術検討会）

2.11 測量における用語の解説と留意点

2.11.1 国土交通省公共測量作業規程

国土交通省公共測量作業規程は、測量法第 33 条の規定に基づき、国土交通省が測量計画機関となり実施する公共測量の方法等を定めたものである。

現在の国土交通省公共測量作業規程（平成 28 年 3 月 31 日国国地第 190 号）は、測量法第 34 条の規定に基づき定められた作業規程の準則（平成 20 年国土交通省告示第 413 号、令和 2 年 3 月 31 日一部改正）の文言を読み替え、準用している。

詳細は、国土地理院ホームページ「国土交通省公共測量作業規程について」を参照。

<https://www.mlit.go.jp/tec/sekisan/sokuryokitei.html>

2.11.2 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、BIM/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。

2.11.3 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
(https://terras.gsi.go.jp/geo_info/GNSS.html)

2.11.4 GNSSでの測位方法の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 23 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)	数 m
RTK-GPS 測位	数 cm
ネットワーク型 RTK-GPS 測位	数 cm
スタティック法 (1-4 級基準点測量)	5mm
短縮スタティック法 (3-4 級基準点測量、路線 ／河川測量、用地測量等)	5mm

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」
(https://terras.gsi.go.jp/geo_info/GNSS_iroiro.html) より整理

2.11.5 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。

2.11.6 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、地球楕円体から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。

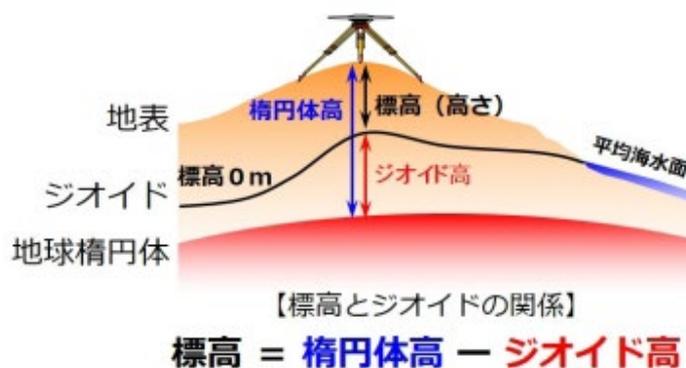


図 33 標高と楕円体高とジオイド高の関係

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

2.11.7 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。

2.11.8 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、国土交通省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、BIM/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。

2.11.9 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、BIM/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」を参照。

<https://www.gsi.go.jp/LAW/2930-index.html>

2.11.10 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、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 24 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 又は 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Ⅲ」(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

第3章 地質・土質モデル

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。

1 地質・土質モデルの作成・活用に関する基本的な考え方

地質・土質モデルを作成することで、本体構造物と地質・土質構成等における位置関係を立体的な把握が可能となり、各段階の地質・土質上の課題や地質・地盤リスク（※）を関係者間で共有することにより、追加すべき補足調査や計画立案に関する検討を円滑に進めることが期待できる。

しかしながら、地形や構造物等のモデルが実際の形状を表現したものであるのに対して、地質・土質モデルは地質・土質調査の成果から推定された分布や性状を表現しているものであることから、使用された地質・土質情報の種類、数量及びモデル作成者の考え方など様々な条件に依存し、不確実性を含んでいるモデルである。したがって、地質・土質モデルの作成・活用にあたっては、不確実性の程度やその影響について、関係者間で共有・引き継ぎを行う必要がある。なお、このような不確実性の取り扱いについては『土木事業における地質・地盤リスクマネジメントのガイドライン』が参考となる。

また、地質・土質モデルの品質は、モデル作成時点における地質・土質調査の質と量に依存するものであり、事業の進捗に応じて構造物等のモデル詳細度がより詳細になっても、それに伴って地質・土質モデルの品質を必ずしも確保できないため、構造物等で適用する「詳細度」と同様の考え方を適用することに無理があることから、地質・土質モデルに対しては「詳細度」を適用しないこととする。

（※）地質・地盤リスク：当該事業の目的に対する地質・地盤に関わる不確実性の影響。計画や想定との乖離によって生じる影響。

<https://www.pwri.go.jp/jpn/research/saisentan/tishitsu-jiban/iinkai-guide2020.html>

【参考】土木事業における地質・地盤リスクマネジメントのガイドライン：国土交通省大臣官房技術調査課・国立研究開発法人 土木研究所・土木事業における地質・地盤リスクマネジメント検討委員会

<https://www.pwri.go.jp/jpn/research/saisentan/tishitsu-jiban/iinkai-guide2020.html>

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・土質モデルは、調査の質と量に応じた不確実性を含むので、モデルの品質を明確にするために、作成で用いた地質・土質調査成果やこれらに基づく推定の考え方について「BIM/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、事業の各段階でモデルの品質が十分かどうか検討し、補足の地質・土質調査や施工時による地盤情報を追加して、モデルの修正や更新を行うことが望ましい。

地質・土質モデルは「地質・土質調査業務共通仕様書」（国土交通省各地方整備局等）に示される成果物を基に作成することを基本とする。

地質や土質からなる地盤は、断層、風化層、軟弱層、地下水等の分布が複雑であり、限られた地点及び断面での地質・土質調査における質と量に応じた不確実性を含むものであることから、作成されるモデルは推定を伴うモデルとならざるを得ない。設計・施工等において地質・土質モデルを活用するには、要求するレベルに相応したモデルとなっているか、物性値等の不確実性をどのように考慮すれば良いかといった判断を行う必要があるため、モデルを作成するために用いた地質・土質調査の量や質や推定の考え方を明示しておくことが重要となる。そのため、作成で用いた地質・土質調査成果やこれらに基づく推定の考え方について「BIM/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。なお、地質・地盤リスクについては「土木事業における地質・地盤リスクマネジメントのガイドライン」（国土交通省 技術調査課、国立研究開発法人 土木研究所、土木事業における地質・地盤リスクマネジメント検討委員会）を参照するとよい。

地盤の不確実性は地質・土質の不均一性等による複雑さの程度に依存するため、これらの影響を考慮した調査の質と量を確保してモデルを作成することが望ましいが、現実的な調査量はコストや工期を考慮した限られたものとならざるを得ない。このため、各事業段階で要求するレベルに相応した地質・土質モデルとなっているかを検討し、必要に応じて地質・土質調査を実施し、地盤情報を追加することが望ましい。また、施工段階では、掘削中に確認される掘削面等の観察結果と評価、支持層の深度等による確度の高い地盤情報が得られることから、地盤情報の施工条件への反映を目的としたモデルの修正、必要に応じて維持・管理のためのモデルの修正について検討する必要がある。

1.2 地質・土質モデルの活用の考え方

地質・土質モデルは、各事業の特性や測量・調査、設計、施工、検査及び維持管理・更新における各事業段階で使用目的が異なるため、モデルの種類ごとの特性に留意し目的に応じたモデルを選択する。また、地質・土質モデルを次の段階に継承する場合は、モデルの作成や更新、追加の方針、モデルの品質等の引き継ぐ情報の記録方法について検討する必要がある。

地質・土質モデルを作成し、設計から施工段階、更には維持管理段階へ継承する場合には、地質・土質調査の進捗や設計から施工等における事業段階の進捗に合わせて調査から得られた地盤情報が増加していくことから、初期に作成したモデルを修正する必要がある場合がある。そのため、モデルの作成や活用における修正の方針についてもあらかじめ検討しておくことが必要となる。

各段階で継承される場合の地質・土質モデルの流れを図 34 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、前述の基本方針を踏まえ、次の事項に留意する。

- ・ 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、「3.1 データ構成」の記載を確認されたい。
- ・ 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に留意する。
- ・ 一般に事業段階の進捗に伴ってモデルが扱う地盤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。

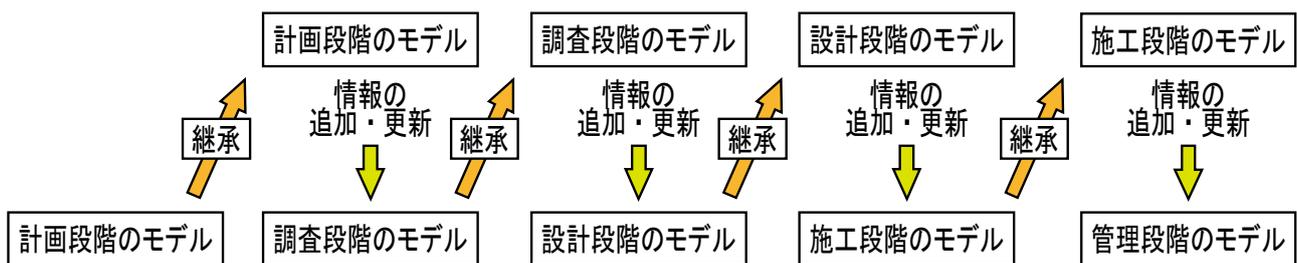


図 34 地質・土質モデルを各段階へ継承する場合の流れ

- ・ 地質・土質モデルの作成、追加、更新及び継承は、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、BIM/CIM の導入・実施状況を通じて課題等を整理して対策を検討し、随時、必要な改定を行っていくこととする。
- ・ 地質・土質調査に関する BIM/CIM の活用実績は、全国地質調査業協会連合会等における関係機関の研究成果を基に、地質・土質モデルの構成、作成手順（例）を記載するものとする。

地質・土質モデルは、各事業の特性や各事業段階（設計、施工、維持管理・更新）において必要となるモデルのレベルと属性が他のモデルとは異なるため、地質・土質モデルの作成と活用にあたってはモデルの種類毎の特性や使用目的、その後の活用の方針について検討する必要がある。

例えば、計画段階で構造物のサイトやルート選定等に用いる概略の土質・地質構造を検討するモデル及び構造物の設計のための浸透流解析や安定性解析等に用いるモデルのように、各事業段階によって必要となる形状や属性は同一のものとなるとは限らず（図 35 参照）、各事業段階でどのようなモデルを作成し利活用するか次の段階への引き継ぎも含め検討する必要がある。

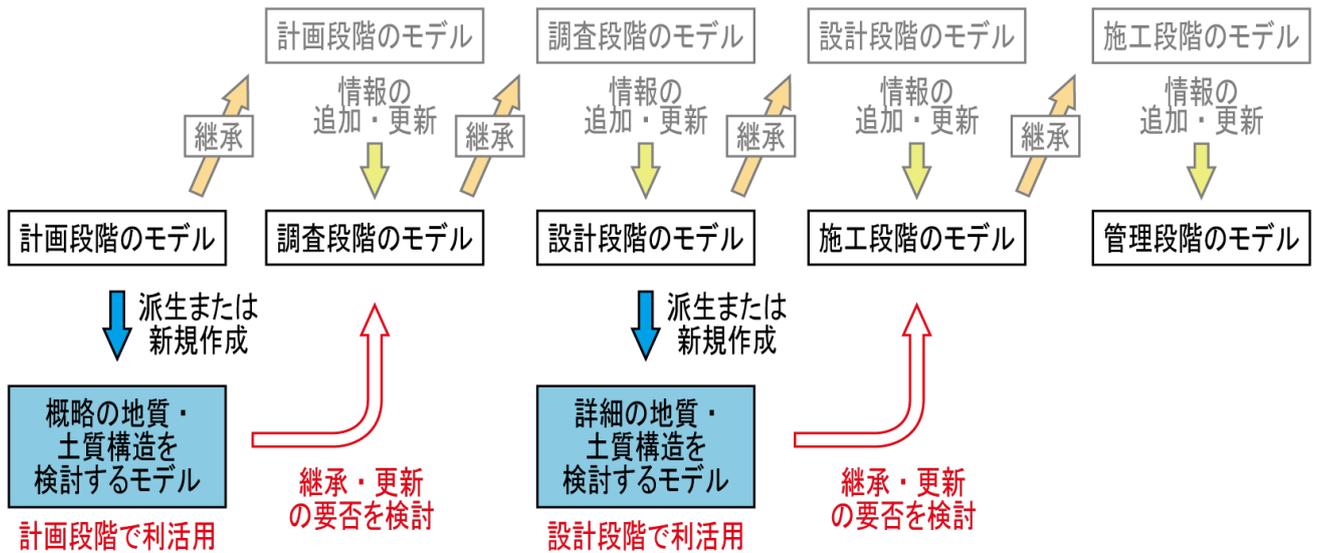


図 35 各事業段階でのみ作成・利活用される地質・土質モデルの例

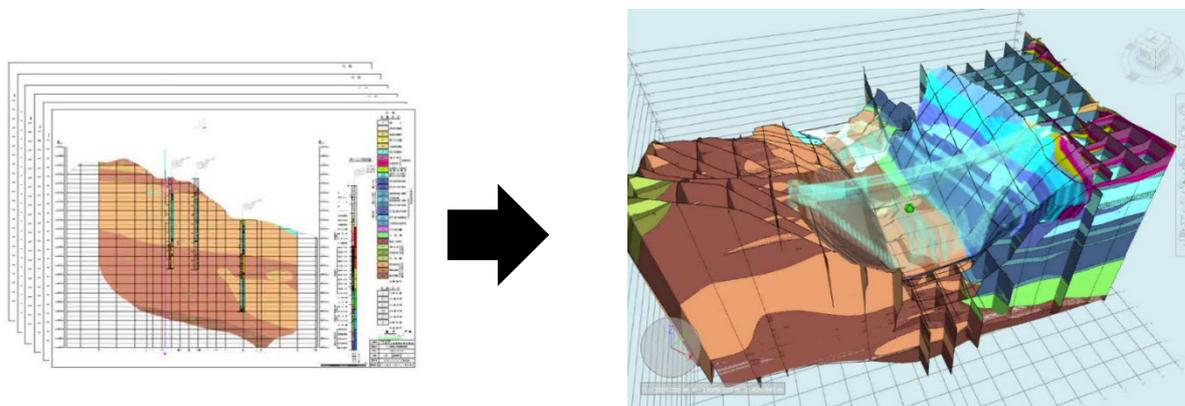
2 地質・土質モデルの概要

2.1 地質・土質モデルの活用場面

本ガイドラインで扱う地質・土質モデルにおける活用場面の一例を以下に示す。

2.1.1 地質・土質上における課題の把握

調査・設計段階では、ボーリングデータから作成した地質断面図を重ねた地質・土質モデル（準3次元地盤モデル（準3次元地質断面図等）表25、表26参照）を作成して3次的に可視化を図る。地質断面図などの2次元表現に比べ3次的な表現では、多くの地質断面から必要な場所の地質区分を確認でき、本体構造物との位置関係を把握できる。また、破碎帯、強風化岩、湧水、高透水帯等のような地質・土質上の課題を把握することで、関係者間協議や情報共有、施工・維持管理段階への提言に活用できる。

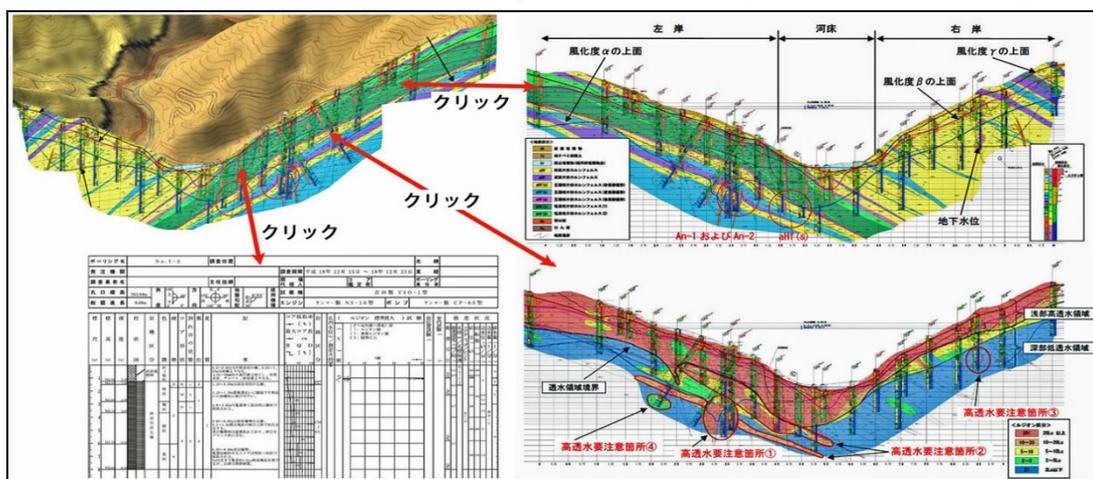


(2次元地質断面図)

(準3次元地質断面図)

図 36 地質・土質上における課題の把握（可視化、ダム①）

出典：「ダム事業でのCIM活用について」（平成29年度第1回CIM担当者会議）を修正



(テクスチャモデル（準3次元地質平面図）)

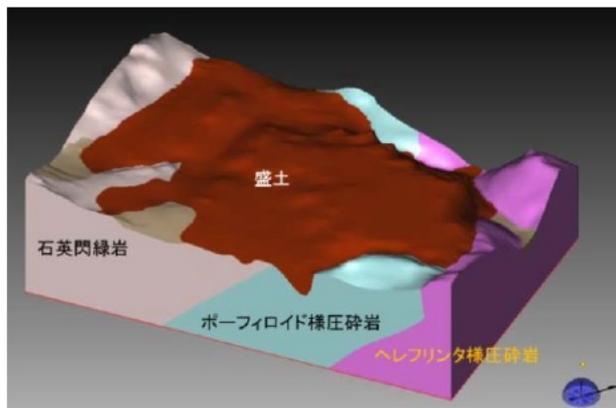
図 37 地質・土質上における課題の把握（属性情報の付与例、ダム②）

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」（(一社)全国地質調査業協会連合会)

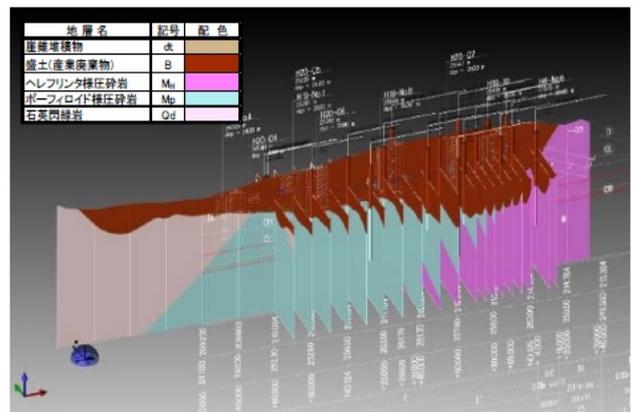
2.1.2 施工計画の効率化

(1) 地盤改良の範囲設定

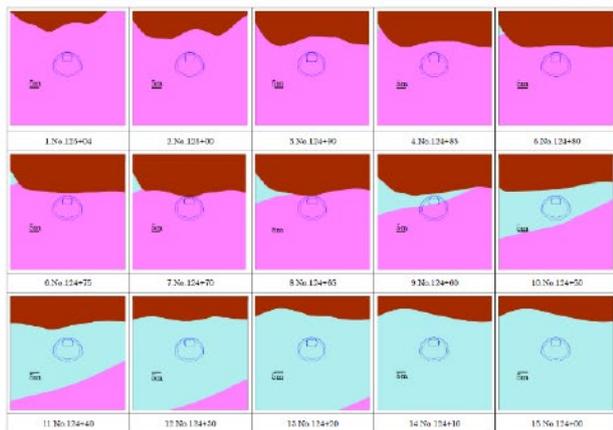
施工計画段階でトンネル直上における盛土の分布状況を把握するために、追加ボーリング結果を付加した地質・土質モデル（3次元地盤モデル（ソリッドモデル・パネルダイアグラム）表 27 参照）を作成することによって、地盤改良の範囲設定に活用することができる。



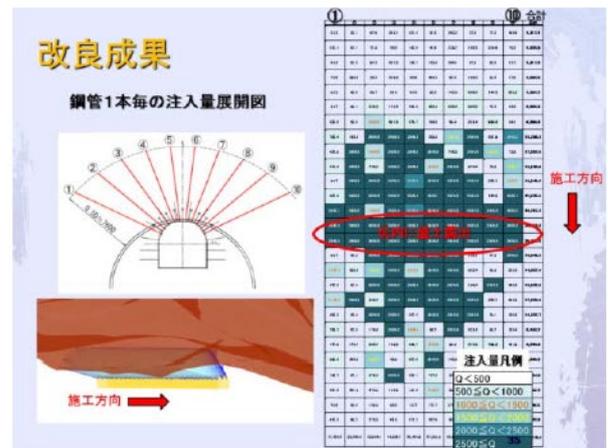
(ソリッドモデル)



(パネルダイアグラム)



(横断面図による地盤改良範囲の設定)



(地質分布と地盤改良実績の評価)

図 38 地盤改良範囲の設定(トンネル)

出典：「2018 施工 CIM 事例集」（一般財団法人日本建設業連合会）

(2) 地質・土質と構造物との位置関係の把握

地盤調査に基づいて作成した地質・土質モデル（3次元地盤モデル（サーフェスモデル））を用いることによって、杭・基礎構造物が支持層に貫入されていることを視覚的に確認することに活用できる（図 39 参照）。

従来の 2次元設計では補助工法の施工範囲に不足が生じる恐れがあるのに対して、3次元地盤モデルの作成によって、地層と補助工法の施工範囲の位置関係を可視化することで、効率的に施工範囲を設定することに活用できる（図 40 参照）。

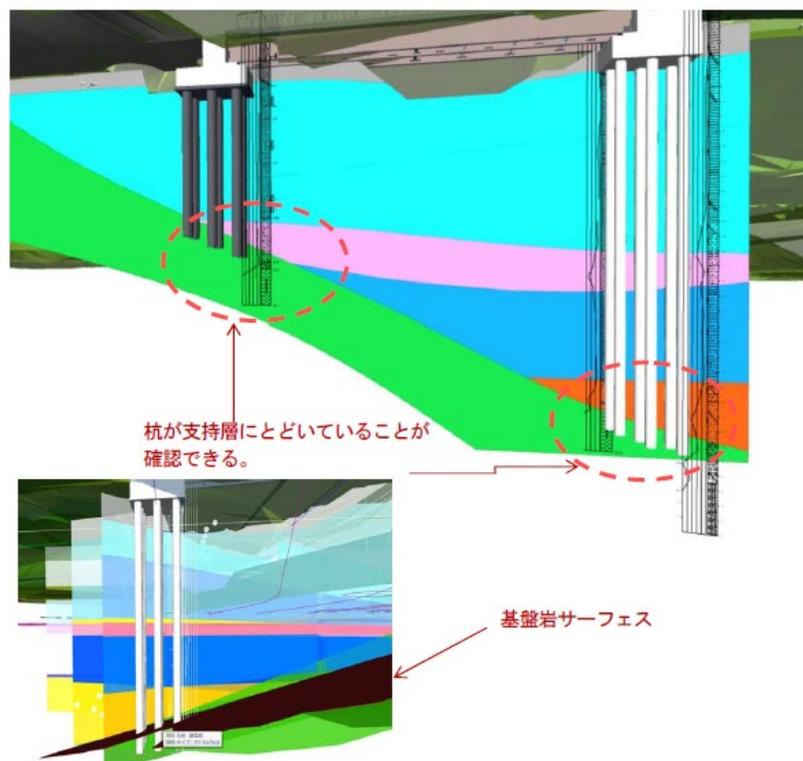
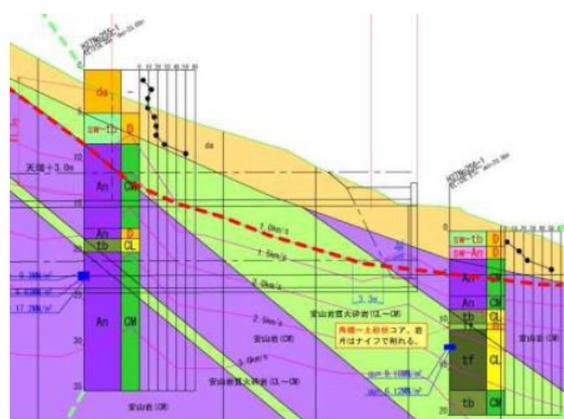
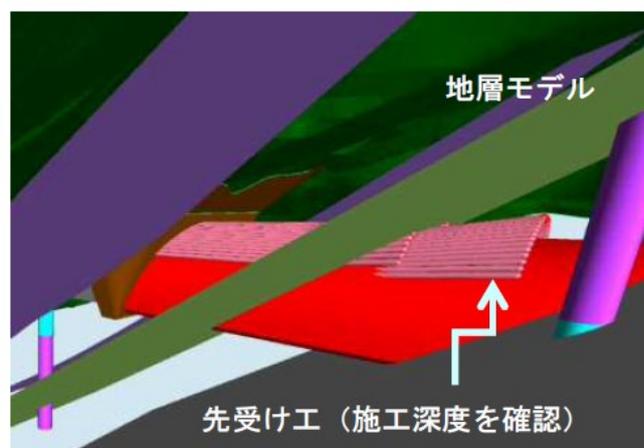


図 39 地質・土質と構造物との位置関係の把握(基礎構造物)

出典：「H27-28 年度新日下川放水路詳細設計業務」(BIM/CIM 成果品 (業務))



(2次元断面図)



(3次元地盤モデル)

図 40 地質・土質と構造物との位置関係の把握(トンネル)

出典：BIM/CIM 成果品 (業務)「平成 29 年度能越道輪島道路 (2 期) 構造物詳細設計業務」(BIM/CIM 成果品 (業務))

2.1.3 数量算出への活用

「土木工事数量算出要領（案）（国土交通省）」に準拠することで、設計・施工段階において、地質・土質モデル（3次元地盤モデル（ソリッドモデル・サーフェスモデル））を用いた地質・土質別の数量算出に活用できる。

数量算出に地質・土質モデルを活用するかどうかは発注者と協議するものとする。この際、3次元地盤モデルによる数量と平均断面法による数量は、地質・土質調査の質と量により違いがあるが、両者とも実状の土質区分等と異なることに留意が必要である。そのため、施工段階や維持管理段階で地質・土質モデルをどのように活用するかという観点での判断が必要である。

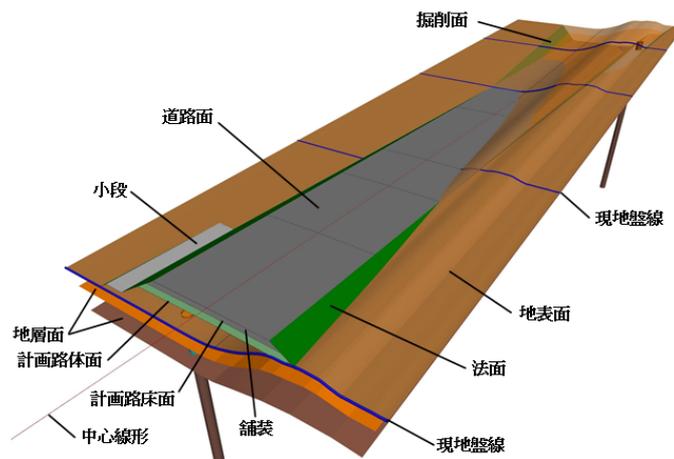


図 41 土構造物の数量算出に用いる 3 次元地盤モデル（サーフェスモデル等）

出典：「土木工事数量算出要領（案）（国土交通省）」

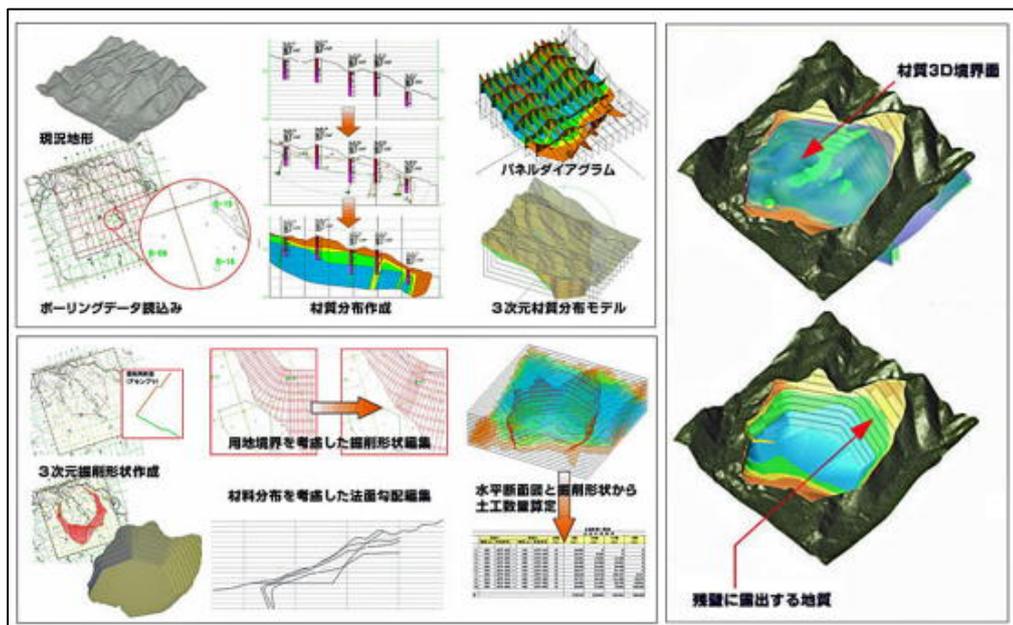


図 42 地質・土質モデルを用いた数量算出の例（ソリッドモデル）

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）」

2.1.4 数値解析への適用

地質・土質モデル（3次元地盤モデル（ソリッドモデル））では、設計の用途に厳密な計算が要求される数値解析（シミュレーション）に活用される。次図にトンネルにおける3次元浸透流解析及び岩盤崩壊を対象とした3次元地盤解析の例を示す。

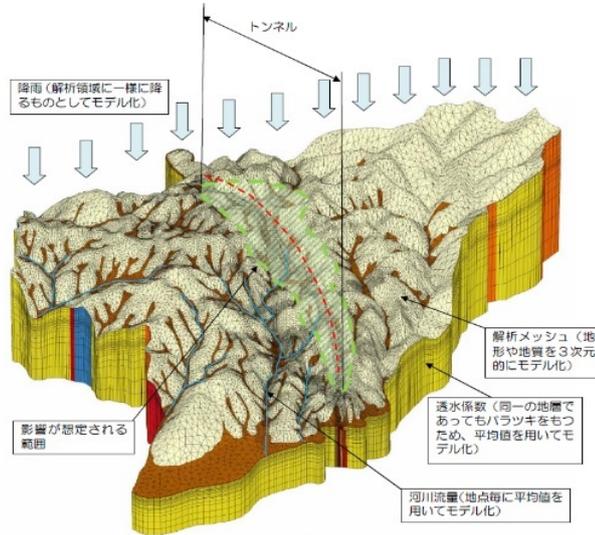


図 43 トンネルにおける3次元浸透流解析の例

出典：「新名神高速道路大阪府域地下水流動対策検討委員会」（西日本高速道路）

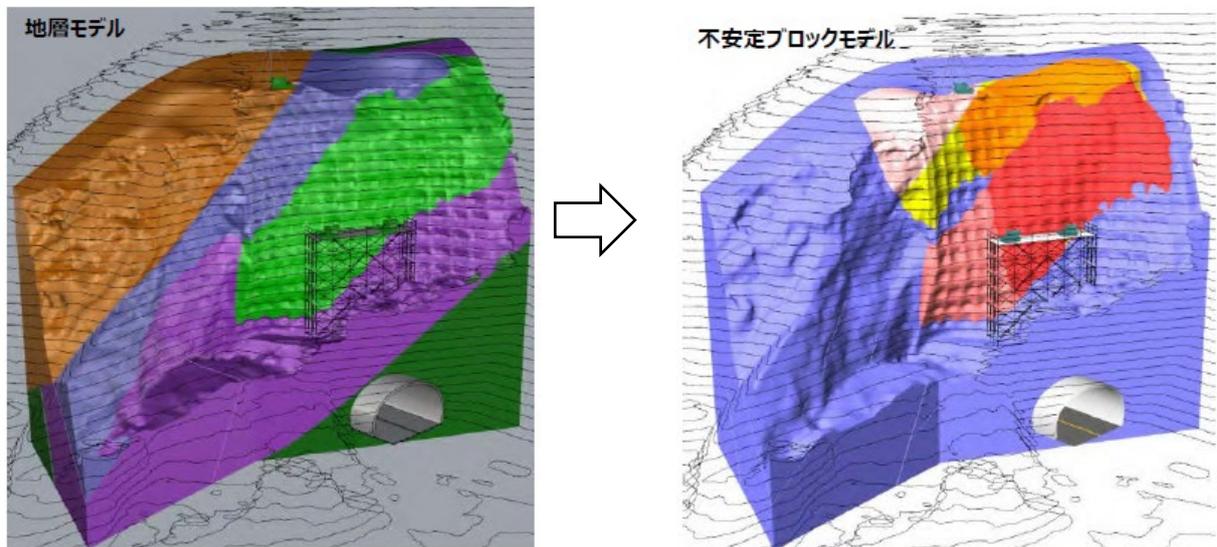


図 44 トンネルにおける岩盤崩壊を対象とした3次元地盤解析の例

出典：「3次元地質解析技術マニュアル Ver3.0.1」（3次元地質解析技術コンソーシアム）

2.2 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・土質モデル等の種類と概要を表 25～表 27 に示す。

表 25 地質・土質モデルの種類と概要 (1)

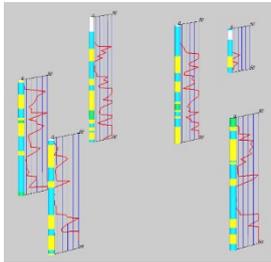
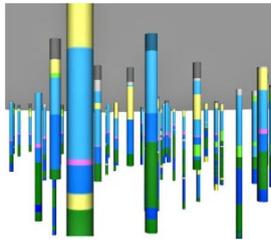
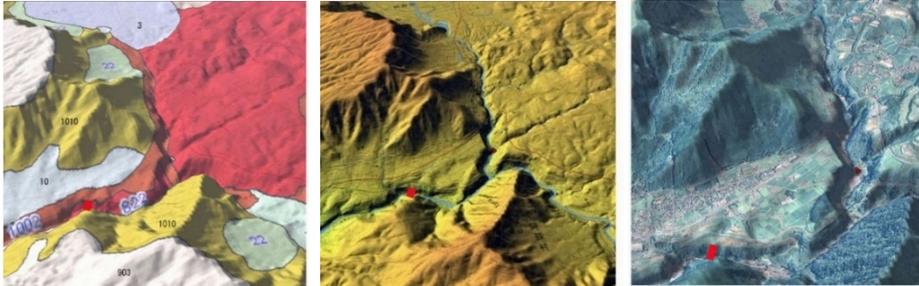
種類	概要
ボーリングモデル	<p>地質・土質調査業務で作成されたボーリング柱状図や柱状図から層序等を抽出し、孔口の座標値、掘進角度、方位から 3 次元的位置に配置し、必要な属性情報を抽出することにより作成するモデルのことである。</p> <p>本ガイドラインでは、ボーリングモデルのうち、以下の調査結果モデルと推定解釈モデルに区分するものとする。</p> <p>調査結果モデル 地質・土質調査業務の調査結果であるボーリング柱状図（ボーリング交換用データ、又は、電子簡略柱状図）を、孔口の座標値・標高値、掘進角度、方位から 3 次元空間上に配置・表現したものである。</p>  <p>推定・解釈モデル 既往資料を始め、地質・土質調査業務で作成されたボーリング柱状図や各種室内・原位置試験結果、及び 2 次元断面図等の情報を活用して地質・工学的解釈を加えて作成した柱状体モデルを、孔口の座標値・標高値、掘進角度、方位から 3 次元空間上に配置・表現したものである。</p> 
準 3 次元地盤モデル	<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面図等を、地形データ等とともに 3 次元空間に配置したモデルである。</p> <p>テクスチャモデル (準 3 次元地質平面図) 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>シームレス地質図、地形を表す色別標高図、国土基本図を例示する。</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 国土地理院 色別標高図 国土地理院 国土基本図</p>

表 26 地質・土質モデルの種類と概要 (2)

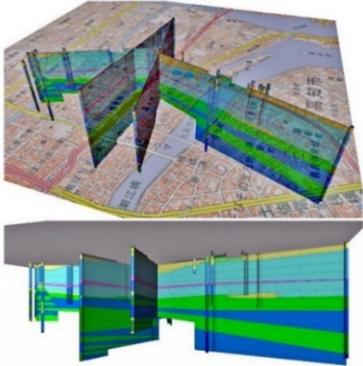
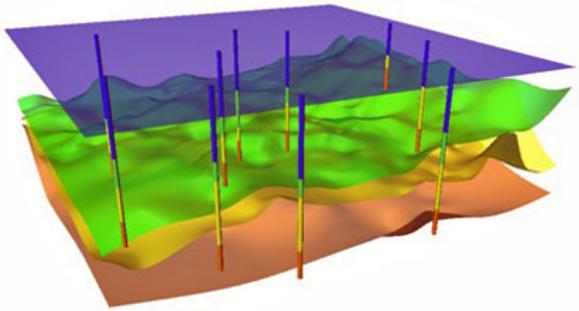
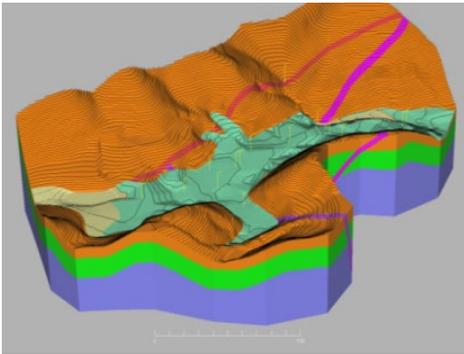
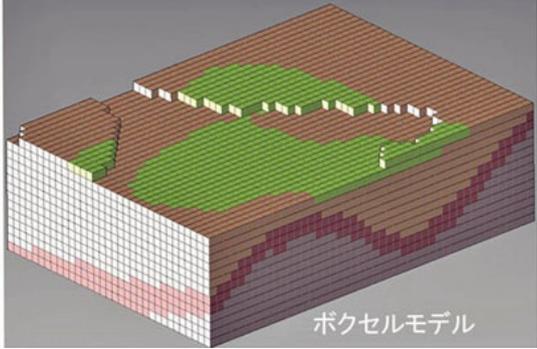
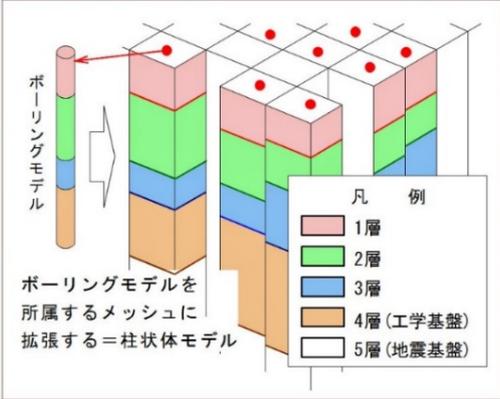
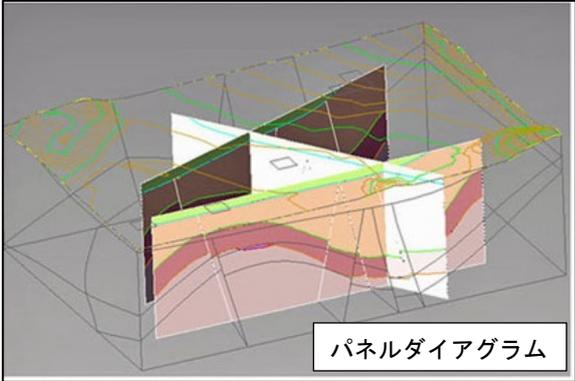
種類		概要
準 3 次 元 地 盤 モ デ ル	準 3 次元地質断面図モデル	<p>地質・土質調査業務で作成された地質断面図、速度層断面図や地山条件調査結果図等を基に作成する地形データ等を 3 次元空間に配置したモデルである。</p> 
3 次元地盤モデル		<p>複数のボーリング柱状図等の地質・土質調査結果を基に、様々な情報を地質学的な解釈を加えて総合的に表現したものである。 各々のモデルは、異なる範囲・目的・用途・空間補間方法で地質学的な解釈を経て作成されており、単純に結合出来ないことを十分に理解した上で、モデルを再作成する。</p>
	サーフェスモデル	<p>地層などの境界面に地層・岩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> 
ソリ ッ ド 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、便宜上鉛直・深度等の境界面で区切られる。</p> 

表 27 地質・土質モデルの種類と概要 (3)

種類		概要
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>
	柱状体モデル	<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 style="text-align: center;">凡 例</p> <ul style="list-style-type: none"> 1層 2層 3層 4層(工学基盤) 5層(地震基盤) <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>
【参考】パネルダイアグラム		<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 style="text-align: right;">パネルダイアグラム</p>

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表 28 に示す。

表 28 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。 地質・土質モデルにおいて、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事業段階において、活用目的や地質・土質調査の量と質に応じた精度で適切に作成して利用することに留意し、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等の属性情報を記載した報告書等で信頼性を確認し把握した上で利用する。また、修正が必要な場合はその上で利用する。 作成記録の無いモデルは地質・土質モデルの品質やトレーサビリティを確保できない可能性があるため、使用の際は留意する。 地質・土質モデルは、作成した時点以降に実施される地質・土質調査結果で修正される可能性があることに留意し、バージョン管理を確実にを行う必要がある。 ボーリングモデルのうち、調査結果モデルと推定解釈モデルのどちらを納品するかは発注者と協議するものとする。 調査結果については、地質・土質モデル以外に実際に調査したデータも提出させること
ボー リン グ モ デ ル	調査結果 モデル	<ul style="list-style-type: none"> 地質・土質調査業務の成果であるボーリング柱状図（ボーリング交換データや電子簡略柱状図）の地質・土質調査結果そのものを表現したモデルは「調査結果モデル」となることに留意する。
	推定・解釈 モデル	<ul style="list-style-type: none"> 既往資料や地質・土質調査で得られた様々な情報を基に、地質・工学的解釈を加えて作成したモデルは「推定・解釈モデル」となることに留意する（地質・工学的解釈を加えて作成したボーリング交換データ、電子簡略柱状図を利用する場合も含む）。
地盤 3 次元 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"> 準 3 次元地盤モデルは、使用する地形図等の精度によって大きく左右されることに留意する。
	準 3 次元地質断面図モデル	
3次元地盤モデル		<ul style="list-style-type: none"> ボーリング結果を含む様々な地盤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。単にボーリング結果を数学的に補間する方法もひとつの方策であるが、推定精度が低下する恐れがあるので留意する。 精度確保に必要な地盤調査手法、調査数量と質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。 3次元地盤モデルを作成した領域が、ボーリング本数や密度等を考慮して、どの程度信頼できるかを確認してから利用する。

3 地質・土質モデルの構成

地質・土質調査業務の実施時又は設計・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。

3.1 データ構成

地質・土質モデルのデータ構成は、表 29 のように形状情報、管理情報、属性情報に構成されることが望ましい。

表 29 地質・土質モデルのデータ構成

名称	概要
形状情報	<ul style="list-style-type: none">地質・土質モデルの 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などに活用する。
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・土質上の課題等を記録する。
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などに活用する。

3.2 属性情報

3.2.1 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して、物理特性や圧縮強度等の力学特性のような土質試験結果等の様々な属性情報を扱うことが可能である。そのため、地質・土質モデルは、形状情報（オブジェクト）と属性情報で構成され、各事業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。

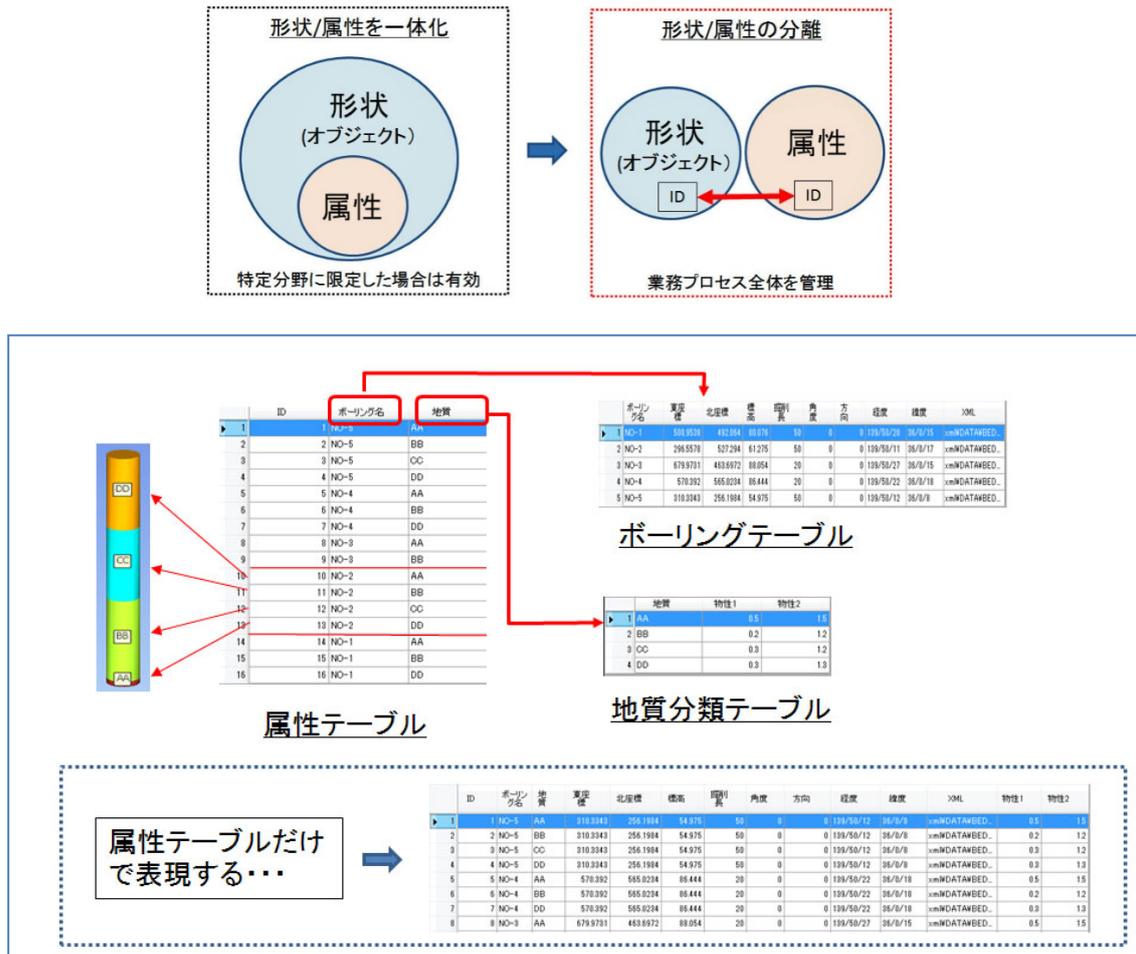


図 45 3次元地盤モデルの属性情報

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）

3.2.2 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手順を示す。

属性情報は、『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』及び『地質・土質調査成果電子納品要領・同解説』に準拠するものとし、各分野及び事業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。

(1) ID コード

地質・土質モデルの属性情報は、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

地質・土質モデルの深度は、地質情報（地層・岩体区分など）の異なった地層境界までの距離を1/100m単位まで記載する。

(3) 地質情報

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。各モデルに対する『地質・土質調査成果電子納品要領・同解説 第4編 3-3-6 地質情報』に示すとおり、地層・岩体区分（境界線、着色・模様、名称等）他を記載し、調査目的に応じて計測値や試験結果等を記載する。

(4) 地質・土質モデルのカラーコード

地質情報を描画する際の色を JIS A 0206:2013 に準拠し、RGB の 256 階調（000～255）を順に並べた 9 桁の数字で表す。

4 地質・土質モデルの作成手順

4.1 座標の取扱について

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、「三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。

- ① 座標系は「平面直角座標系」とする。(本ガイドライン「第 1 章 2.3 座標参照系・単位」による)
- ② 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。
- ③ 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。

図 46 は、読み取り精度による位置の差を示したものである。

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。この事例は、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おり、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恐れがある。そのため、ボーリングデータは、報告書等で信頼性を把握した上で利用する。

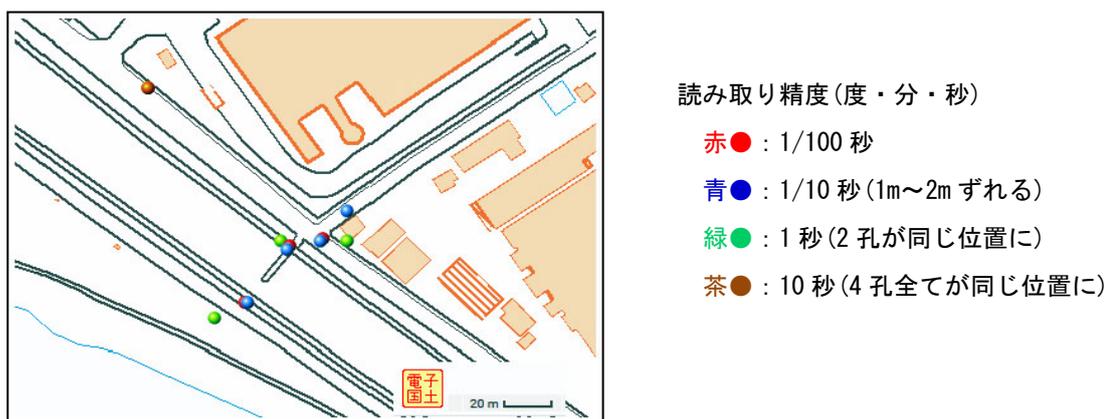


図 46 緯度・経度の読み取り精度について (模式図)

出典: 「三次元地盤モデル作成の手引き」
(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)

4.2 ボーリングモデル

本ガイドラインでは、ボーリングモデルを以下の調査結果モデルと推定解釈モデルに区分するものとする。

4.2.1 ボーリングモデル（調査結果モデル）

ボーリングモデルのうち調査結果モデルは、地質・土質調査業務の調査結果であるボーリング柱状図（ボーリング交換用データ、又は、電子簡略柱状図）を、孔口の座標値・標高値、掘進角度、方位から3次元空間上に配置・表現したものである。

(1) データ構成（例）

ボーリングモデル（調査結果モデル）の標準的なデータ構成イメージを図47に示す。

調査結果モデルは、地質・土質調査業務の成果であるボーリング柱状図（ボーリング交換用データや電子簡略柱状図）の情報そのものをモデル化したものであり、地質・工学的解釈を加えて作成したモデルは「推定・解釈モデル」となることに留意する（地質・工学的解釈を加えて作成したボーリング交換用データ、電子簡略柱状図を利用する場合も含む）。

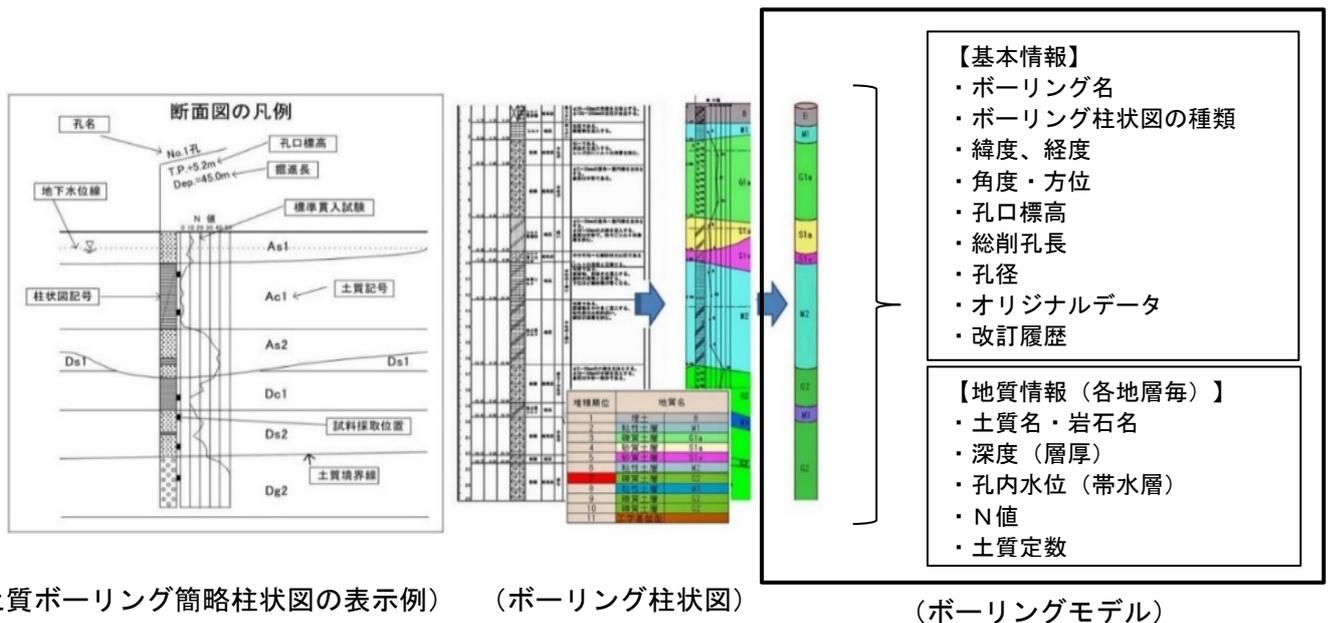


図47 ボーリングモデル（調査結果モデル）のデータ構成イメージ

出典：「三次元地盤モデル作成の手引き」
 ((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（調査結果モデル）の属性情報（例）を表30に示す。また、工学的地質区分名に対する表示色の例を表31に示す。調査結果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（調査結果モデル）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、調査現場における一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	緯度及び経度は、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)、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)。	(※※)
改訂履歴	実施期日、理由、実施者氏名等。		
地質情報	土質名 岩石名	未固結の種々の堆積物や岩石などについて、肉眼観察などによって判定された単層単位の土質・岩石名	
	記事(概要)	ボーリング調査による採取した土質・岩石などの主な特徴	
	深度(層厚)	土質・岩石など単層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、一軸圧縮強さ、粘着力、内部摩擦角)等の土質定数を併記する。	JIS A 1216:2020 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(平成27年6月)」一般社団法人全国地質調査業協会連合会・社会基盤情報標準化委員会

(※※)「地質・土質調査成果電子納品要領・同解説(平成28年10月)」国土交通省大臣官房技術調査課

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	RGB値：240,230,140 (カーキ)
風化花こう岩	RGB値：255,000,255 (マゼンダ)
泥質片岩、黒色片岩	RGB値：169,169,69 (ダークグレイ)
シルト	RGB値：000,255,255 (シアン)
沖積層	RGB値：128,128,000 (オリーブ)
盛土	RGB値：240,230,140 (カーキ)
B層	RGB値：255,255,224 (ライトイエロー)
断層破砕帯	RGB値：255,069,000 (オレンジレッド)

出典：JIS A 0206:2013 から整理

4.2.2 ボーリングモデル（推定・解釈モデル）

ボーリングモデルのうち推定・解釈モデルは、既往資料をはじめ、地質・土質調査業務で作成されたボーリング柱状図や各種室内・原位置試験結果、及び2次元断面図等の情報を活用して地質・工学的解釈を加え作成した柱状体モデルを、孔口の座標値・標高値、掘進角度、方位から3次元空間上に配置・表現したものである。

(1) データ構成（例）

ボーリングモデル（推定・解釈モデル）の標準的なデータ構成イメージを図48に示す。

推定・解釈モデルは、既往資料や地質・土質調査で得られた様々な情報を基に、地質・工学的解釈を加えて作成したモデルであり、地質・土質調査結果そのものを表現したモデルは「調査結果モデル」となることに留意する必要がある。

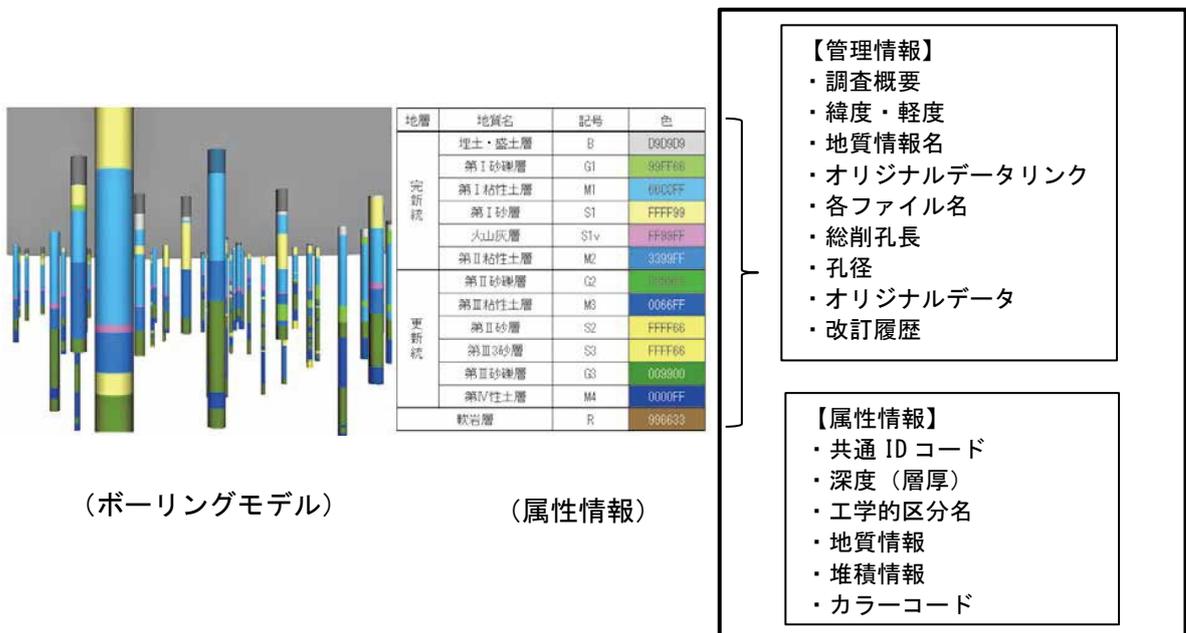


図 48 ボーリングモデル（推定・解釈モデル）のデータ構成イメージ

出典：「三次元地盤モデル作成の手引き」

((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（推定・解釈モデル）の属性情報（例）を表32に示す。これらの情報は、目的や種類などによって、必要に応じて抽出する。

表 32 ボーリングモデル（推定・解釈モデル）の属性情報（例）

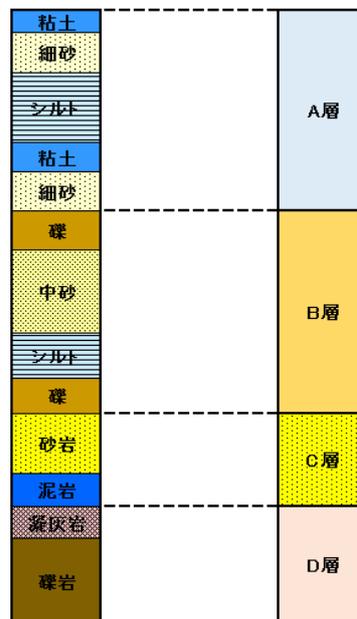
	項目	概要	参照規格等
管理情報	調査概要	調査名、調査者名、調査担当者名、調査開始期日、調査終了期日	(※1)
	座標位置	平面直角座標系の系番号とX(南北)座標・Y(東西)座標。	(※1)
	地質情報名	地層岩体区分など、属性情報の地質情報名と同じ内容。	(※1)
	オリジナルデータリンク	地質情報管理ファイル(BORING.XML)他	(※1) 表 30 参照
	各ファイル名	属性情報ファイル名	
	改訂履歴	実施期日、理由、実施者氏名等	
属性情報	共通 ID コード	全建設段階にわたって適用できるコードとする。	(※2)
	・工学的地質区分名 ・現場土質名	JIS 規格に基づき色分けを行う。表 31 工学的地質区分名と表示色の例を参照	(※1) 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。	(※1)
	地質情報	地質平・断面図の凡例に記載されている地質情報のこと、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。 ※目的に応じて弾性波速度値、密度、減衰定数など必要な情報。	(※1)
	堆積(優先)順位	地層・岩体区分で最も下位層からの堆積順位を表す番号など。	
	カラーコードー地質情報 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。	(※1) JIS A 0206:2013

(※1)「地質・土質調査成果電子納品要領・同解説（平成 28 年 10 月）」国土交通省大臣官房技術調査課

(※2)「三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

図 49 に調査結果モデルと推定解釈モデルの違いにおけるイメージを示す。

「推定・解釈モデル」は様々な情報を活用して地質・工学的解釈を加え作成したモデルである。



(調査結果モデル) (推定・解釈モデル)

図 49 ボーリングモデルのイメージ

4.3 準3次元地盤モデル

4.3.1 テクスチャモデル（準3次元地質平面図）

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モデル（テクスチャマッピング）のことである。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）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。

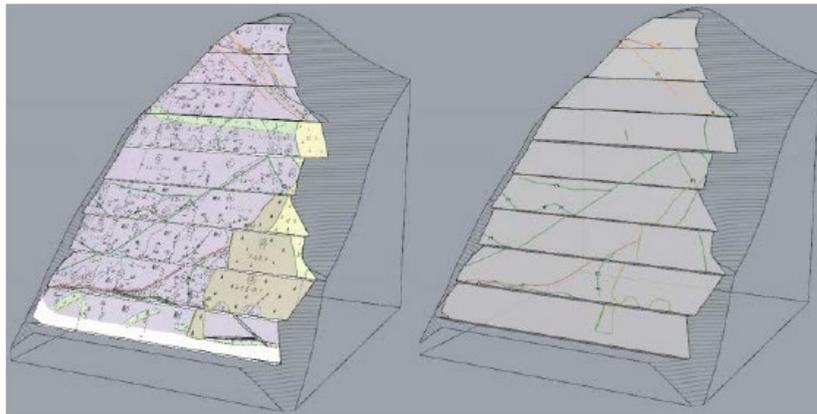
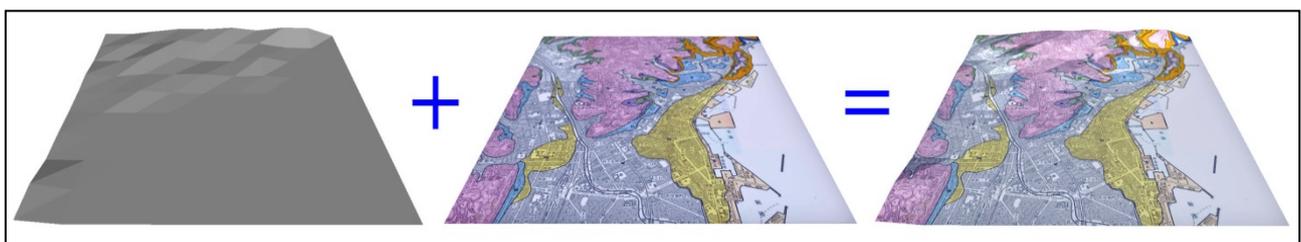


図 50 テクスチャモデルの例（切土のり面の露頭例）

(1) 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、標高が地形モデル自体であるテクスチャ（平面図）では、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。図 51 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）ワイヤーフレーム

（中）テクスチャ（表層地質図）

（右）テクスチャモデル

図 51 テクスチャモデルの作成イメージ

出典：「三次元地盤モデル作成の手引き」
（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。

- ① 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）
 - ② 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。
 - ③ 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。
 - ④ 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。
 - ⑤ 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。留意事項は、「2.4 測量における用語の解説と留意点」を参照する。
- （※2）UAV を用いた公共測量については、国土交通省公共測量作業規程を用いることで、精度良く地形データを作成可能である。

（2）属性情報（例）

テクスチャモデルの属性情報（例）は、表 32 を参照とする。これらの情報は、目的や種類などによって、必要に応じて抽出する。

4.3.2 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、BIM/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。扱う内容は、図面類（共通）、地質断面図、物性値断面図（速度層断面図や比抵抗層断面図）、総合解析断面図（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）。

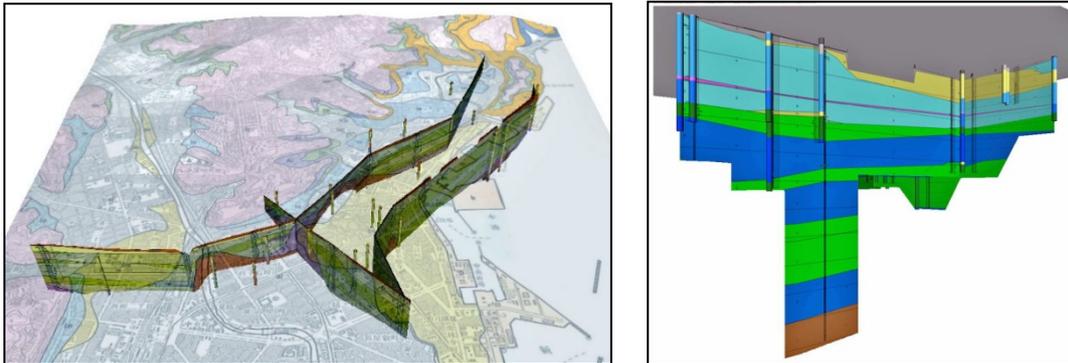


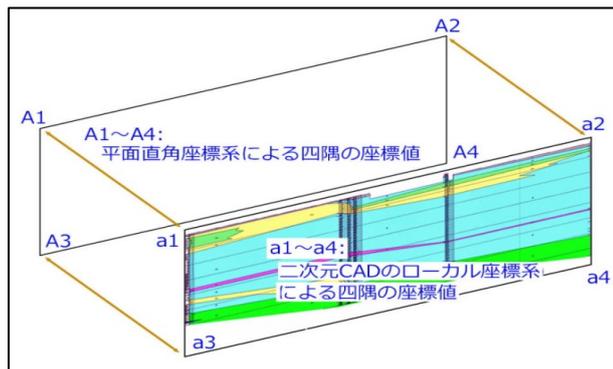
図 52 準 3 次元地質断面図モデル例

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」（(一社) 全国地質調査業協会連合会）

(1) 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、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、CSV ファイル等に保存する（図 53 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 53 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」（(一社) 全国地質調査業協会連合会）

(2) 属性情報（例）

準 3 次元地質断面図の属性情報（例）は表 32 を参照とする。これらの情報は、目的や種類などによって、必要に応じて抽出する。

4.4 3次元地盤モデル

4.4.1 3次元地盤モデル構築の流れ

以下に3次元地盤モデルを構築する流れの例を示す。図54のように、3次元地盤モデルにおいても作成するプロセスを規定したワークフローを明示することで、プロセスの要所で品質のチェックポイントを設定することが可能である。

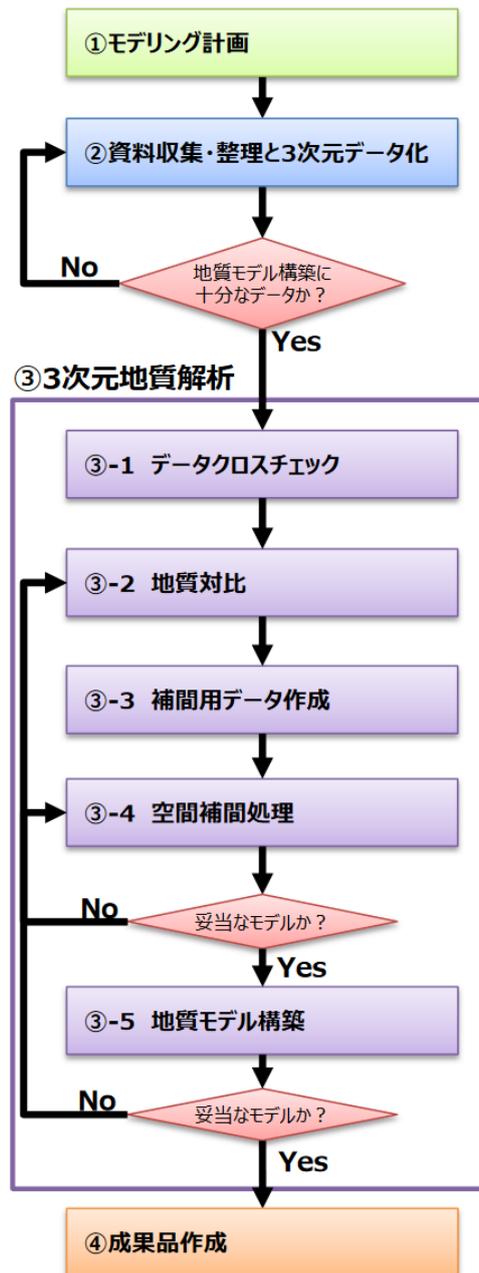


図 54 3次元地盤モデル構築における流れの例

出典：「3次元地質解析技術マニュアル Ver3.0.1」(3次元地質解析技術コンソーシアム)

4.4.2 サーフェスモデル

サーフェスモデルは、以下のように定義するものとする。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」として区別する。

- ・ サーフェスモデルとは、地層・岩盤分類・土軟硬区分などの境界面を表現したモデルである。
- ・ 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範囲のサーフェスモデルは、地質学的な解釈（コンター、断面図）や数学的・統計的な計算結果による推定であるため、不確実性を伴う。
- ・ 複数のサーフェスモデルを用いないと1つの地盤モデル（地層、岩盤分類、土軟硬区分等）を表現できない。

(1) サーフェスモデルの種類

表 33 にサーフェスモデルの種類を示す。空間補間アルゴリズムとは 3 次元のサーフェスモデル等を計算する手法であり、地質事象毎に適した手法を選定する必要がある。

表 33 サーフェスモデルの種類

種類	特記事項
地層境界面モデル	・ ボーリング調査等によって得られる地層データ（岩石・土質区分）から、地質技術者が空間補間アルゴリズム等を使用し推定したもの
物性値境界面モデル	・ 速度層、比抵抗層など
地盤評価境界面モデル	・ 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

(2) 形状情報（例）

サーフェスモデルのデータは、複数のデータファイル群として保存されることが多い。

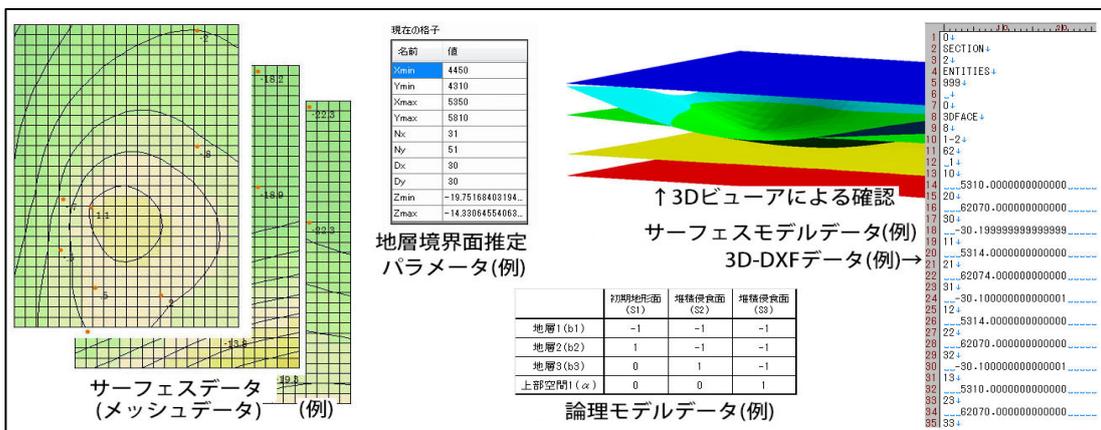


図 55 サーフェスモデルの形状イメージ

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」（(一社) 全国地質調査業協会連合会)

(3) 地盤モデルの不確実性

地盤は、地層そのものの成り立ちや後生的な断層・風化・変質、地下水などの作用により、分布・状態が複雑化するため、限られた地点の地質・土質調査データだけで正確なモデル化を行うことは難しい（図 56 参照）。3次元地盤モデルは、3次元図示技術がいかに進歩しようとも、地質・土質調査手法の精度や限界、情報の粗密などに生起する不確実性を多分に含んでいる。そのため、地質技術者が次の点に留意して3次元地盤モデルの妥当性を評価する必要がある。

- ・ 対象構造物及びその事業段階によって異なる使用目的や要求性能に応じた精度を有するために必要となる、地質・土質調査データの量と質が確保されているか
- ・ 地質構造発達等の地質学的解釈が妥当であるか（地盤の成り立ちが考慮されているか）

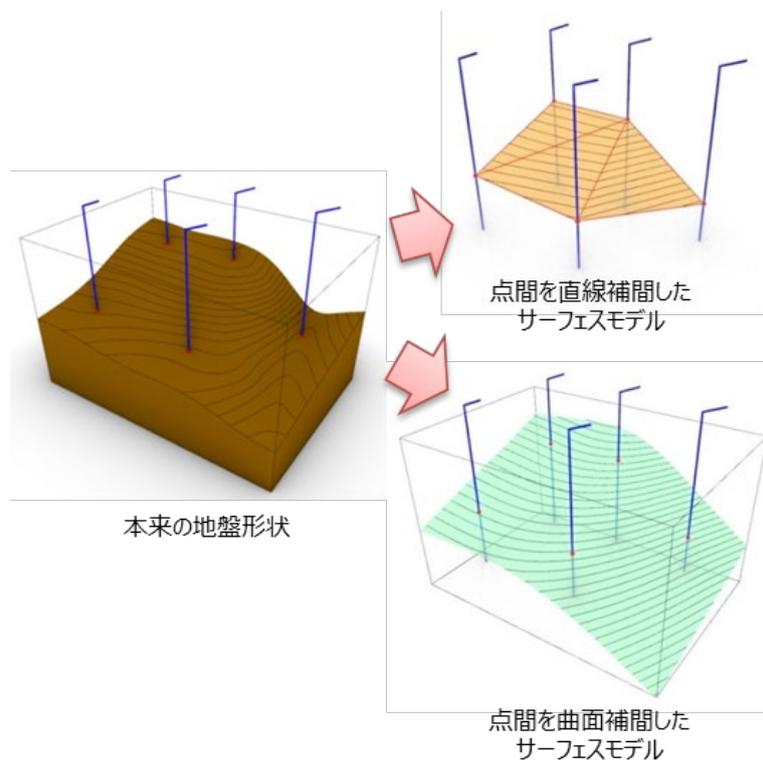


図 56 限られたデータによる空間補間モデルの違いの例

出典：「3次元地質解析技術マニュアル Ver3.0.1」（3次元地質解析技術コンソーシアム）

(4) 空間補間処理

空間補間処理とは、整理された入力データより、空間補間アルゴリズム（図 57）を適用しサーフェスモデルや3次元物性モデルを計算する手法である。計算した3次元地盤モデルが地質学的に妥当なものかは、地質技術者が評価する必要がある。3次元モデルの更新を考慮し、適用した空間補間アルゴリズムや使用したソフトウェア、ソフトウェアのバージョン等については「BIM/CIMモデル作成 事前協議・引継書シート」等に記載するものとする。

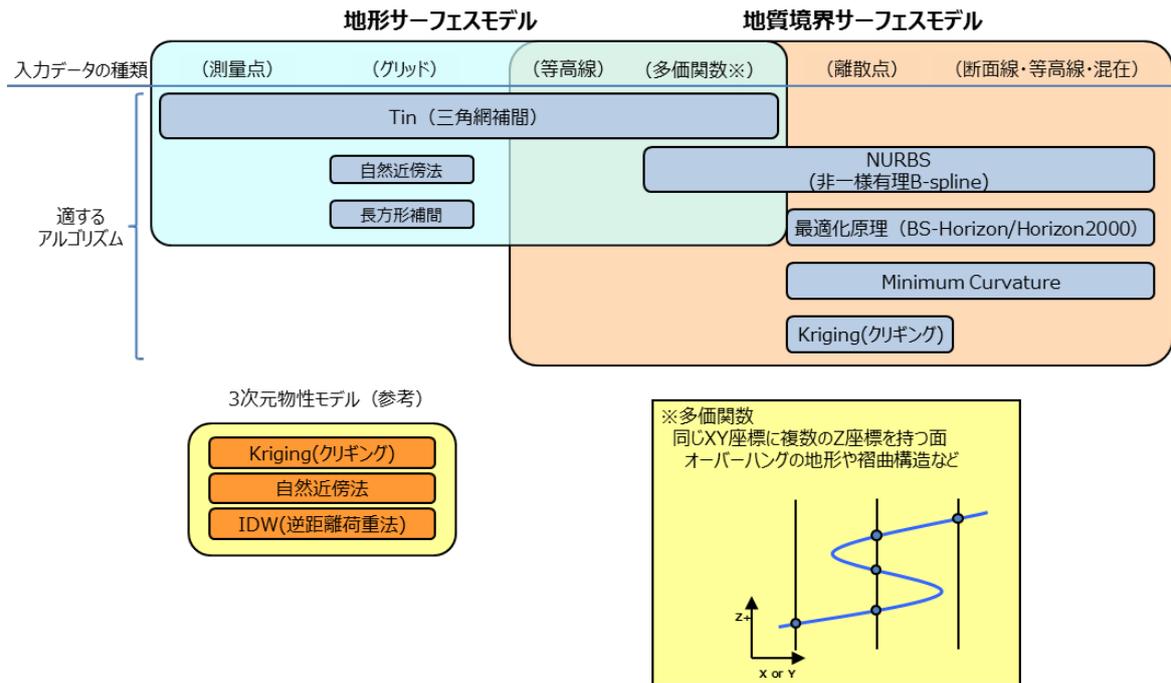


図 57 空間補間アルゴリズムの適用例

出典：「3次元地質解析技術マニュアル Ver3.0.1」(3次元地質解析技術コンソーシアム)を加筆

(5) 属性情報 (例)

サーフェスモデルの属性情報 (例) は表 32 を参照とする。これらの情報は、目的や種類などによって、必要に応じて抽出する。

4.4.3 ソリッドモデル

(1) B-Reps (Boundary Representation : 境界表現)

B-Reps (Boundary Representation : 境界表現) は、3次元形状を頂点、稜線(直線/曲線)、面分(平面/曲面)の幾何情報とそれらの接続情報で表現する方式である。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。B-Repsによるソリッドモデルはモデル内部にオブジェクトが存在しないため、境界面と同等の地質情報として解釈される。

図 58 に B-Reps によるソリッドモデルの作成事例を示す。

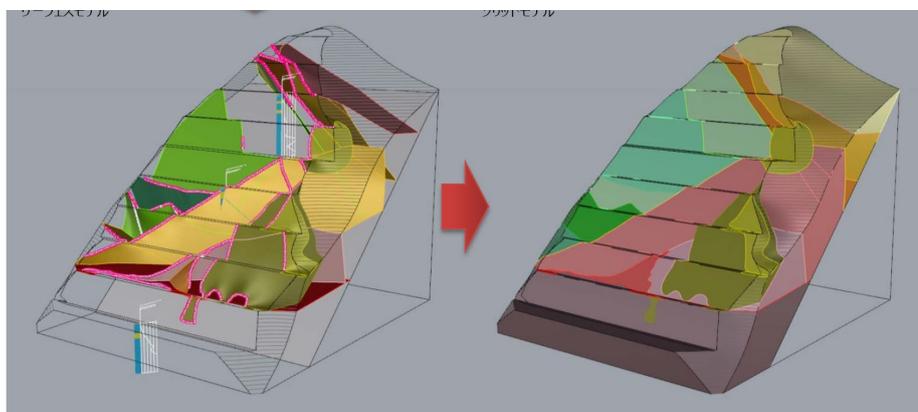


図 58 B-Reps の作成事例

左：地質境界や割れ目のサーフェスモデル 右：サーフェスモデルで分割して作成したソリッドモデル

出典：「3次元地質解析技術マニュアル Ver3.0.1」(3次元地質解析技術コンソーシアム)

(2) ボクセルモデル

ボクセルモデルとは、一般に、モデル全体を小さな直方体(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情報を微小直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。

図 59 にボクセルモデルの作成例と作成手順を示す。

- ① 対象地域の地形モデルを作成する。
- ② 空間補間アルゴリズムを利用し、サーフェスモデルを作成する。場合によっては、層序情報を加味したソリッドモデルを作成する。
- ③ 3D CAD で、①と②を合成し、必要なボックスのサイズと範囲を設定する。
- ④ 空間格子にサーフェスモデル間やソリッドモデル内の属性を付与する

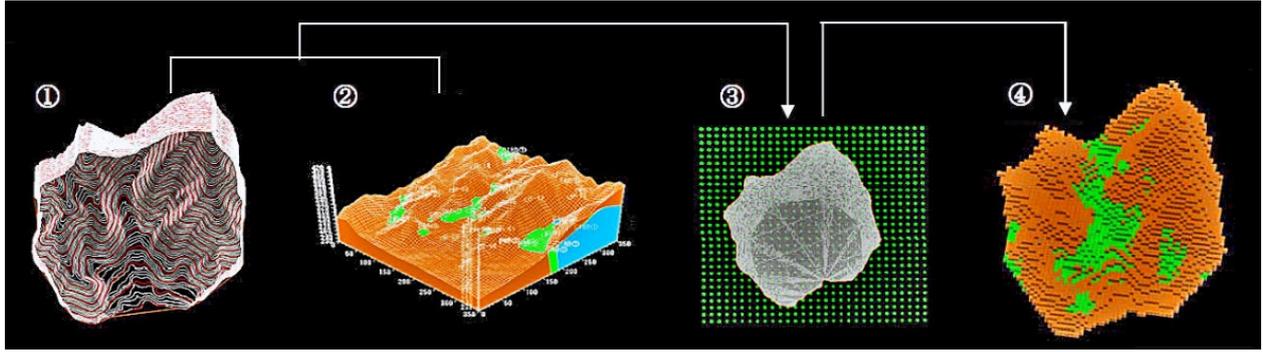


図 59 ボクセルモデルの作成例

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」(一社) 全国地質調査業協会連合会)

(3) 柱状体モデル

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」、「比抵抗」、「岩級区分」、「岩盤分類」や「ルジオン値」などが挙げられる。

図 60 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。

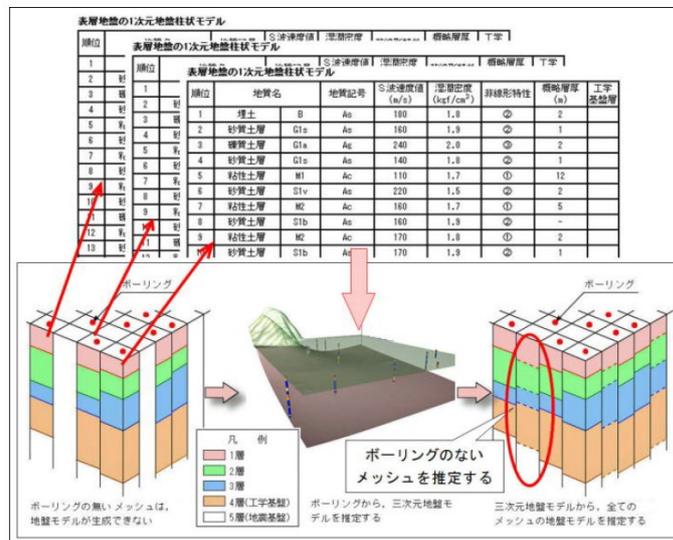


図 60 ボーリングモデルと柱状体モデルの関係(イメージ)

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」(一社) 全国地質調査業協会連合会)

(4) 属性情報(例)

ソリッドモデルの属性情報(例)は表 32 を参照とする。これらの情報は、目的や種類などによって、必要に応じて抽出する。

5 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。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、「第3章 地質・土質モデル 2.2 地質・土質モデルの種類」及び表 34 のメリット・デメリットを参考とする。なお、準3次元地質断面図モデルを併記する。

- ・ 3次元地盤モデルを作成する場合、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が望ましい。限られた情報に基づいたモデルを作成する場合には、情報・モデルの不確実性に留意する必要がある。
- ・ 3次元地盤モデルだけを独り歩きさせないために、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、「BIM/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 34 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"> ・ 地質解釈の矛盾を比較的簡単に判断できるので、地質・土質調査成果の品質向上に寄与できる。 ・ 構造物等との位置関係を把握しやすい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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"> ・ ソリッドモデルに比べて、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"> ・ 各種標準（データ交換形式、品質評価、技術（ソフト、スキル）の認定）が未整備である。
ソリッドモデル (B-Reps・ボクセルモデル・柱状体モデル)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 一つの地盤モデル（地層、岩盤分類、土軟硬区分等）を1つのソリッドモデルで表現できる。 ・ ボクセルモデルは表面だけでなく内部構造も表現可能である。 ・ 体積計算や構造物モデルとの干渉計算が容易である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ サーフェスモデルに比べデータ容量が大きく、作成時間を要する。 ・ 高い解像度が要求される場合、データ量が膨大になる。 ・ 各種標準（データ交換形式、品質評価、技術（ソフト、スキル）の認定）が未整備である。

6 モデルの照査

6.1 照査の要点

モデリング計画からモデル構築、成果品の作成までの一連の流れと、各段階において実施する照査（図 61）の要点を以下に示す。3次元地盤モデルの場合は、i)～v)を、他のモデルの場合は、i)～iii-1・2)、v)を照査するものとする。

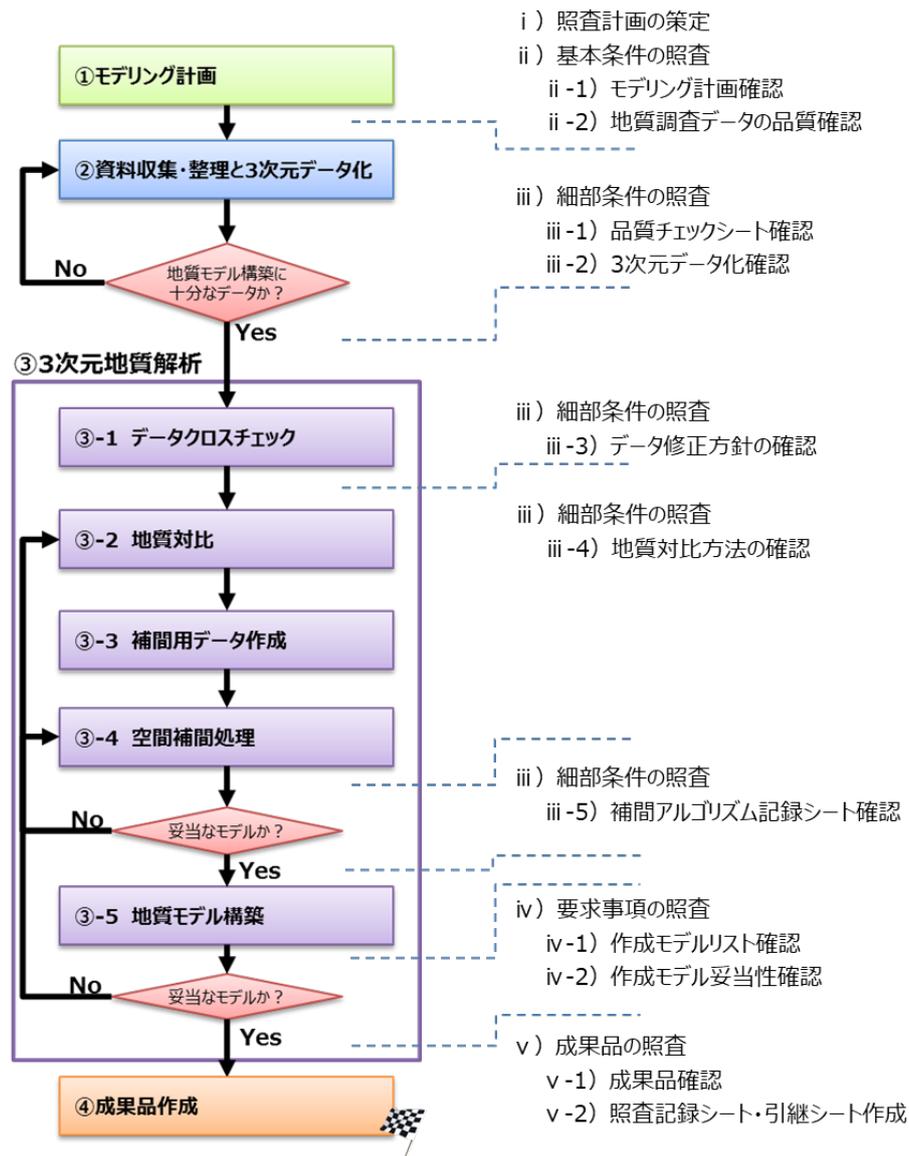


図 61 基本ワークフローにおける照査のタイミング

出典：「3次元地質解析技術マニュアル Ver3.0.1」（3次元地質解析技術コンソーシアム）

i) 照査計画の策定

作業実施前に、下記の基本条件・細部条件・要求事項・成果品の各段階における照査内容・対象を確認し、照査計画を策定したかの確認。

ii) 基本条件の照査

ii-1) モデリング計画確認

3次元地盤モデルを構築するための基本条件を決定し、以降の作業計画を合理的に組み立てているかの確認。

ii-2) 地質・土質調査データの品質確認

使用する地質・土質調査データの信頼性について、既存報告書等で把握したかの確認。

iii) 細部条件の照査

iii-1) 品質チェックシート確認

収集した資料は、目的や必要範囲に合致した3次元地盤モデルを構築できる品質を有しているかの確認。

iii-2) 3次元データ化確認

3次元地盤モデル構築に必要なデータを3次元化しているか、若しくは3次元地質解析システムで扱える状態にデータベース化しているかの確認。

iii-3) データ修正方針の確認

不適合が認められたデータについて、どのように修正あるいは棄却するかの基準や方針を立てているかの確認。

iii-4) 地質対比方法の確認

地質対比をおこなうための手法や対比の根拠となる基準は適切かの確認。

iii-5) 補間アルゴリズム記録シート確認

補間アルゴリズムについて、地質事象に応じた手法を使用し、補間パラメータを正確に記録しているかの確認。

iv) 要求事項の照査

iv-1) 作成モデルリスト確認

成果品を作成するために必要なモデルが揃っているかの確認。

iv-2) 作成モデル妥当性確認

成果品を作成するために妥当なモデルとなっているかの確認。

v) 成果品の照査

v-1) 成果品確認

要求事項を満たした成果品が揃っているかの確認。

v-2) 照査記録シート・引継シート作成

照査結果や「BIM/CIMモデル作成 事前協議・引継書シート」を記録として残し、確実に次工程に継承できるようにしているかの確認。

6.2 照査チェックリスト

要点に沿った照査を実施するための照査チェックリスト（案）と記入例を表 35 に示す。（表は「3次元地質解析マニュアル_Ver3.0.1」（3次元地質解析技術コンソーシアム）からの引用である。活用の際には表中の「3次元地質モデル」を「3次元地盤モデル」に読み替えを行うものとする。）

表 35 照査チェックリスト（案）記入例

照査項目	照査内容	照査対象	照査			備考 例) 関連基準等を記入する
			確認元資料・データ参照先 例) 該当ファイル名、該当ファイルの保存先を記入する	照査実施 (チェックを入れる)	確認日 (確認した日付を記入する)	
i) 照査計画の策定	作業の実施前に、以降の ii) 基本条件、iii) 細部条件、iv) 要求事項、v) 成果品の各段階における照査内容・対象を確認し、照査計画を策定しているか	必須	令和元年度 ○○○業務計画書.doc 「○章 3次元地盤モデル構築照査計画」	✓	2019/9/1	-3次元地質解析マニュアルVer2.0
ii) 基本条件の照査						
ii-1) モデリング計画確認	3次元地質モデルを構築するための基本条件を決定し、以降の作業計画を合理的に組み立てているか	必須	令和元年度 ○○○業務計画書.doc 「○章 3次元地盤モデル構築計画」	✓	2019/9/1	-3次元地質解析マニュアルVer2.0
ii-2) 地質調査データの品質確認	使用する地質調査データの信頼性について、既存報告書等で把握しているか	必須	○○○業務_地質調査性能基準評価シート.csv	✓	2019/10/3	-日本地質学会 地質調査性能基準 -3次元地質解析マニュアルVer2.0 -地盤データ品質標準化小委員会_成果報告書
iii) 細部条件の照査						
iii-1) 品質チェックシート確認	収集した資料は、目的や必要範囲に合致した3次元地質モデルを構築できる品質を有しているか	必須	○○○業務_地質調査図面データ等チェックシート.csv	✓	2019/10/30	-3次元地質解析マニュアルVer2.0 -地盤データ品質標準化小委員会_成果報告書
iii-2) 3次元データ化確認	3次元地質モデル構築に必要なデータを3次元化しているか、もしくは3次元地質解析システムで扱える状態にデータベース化しているか	必須	○○○業務_地盤スケルトンモデル.3dm ○○○業務_地盤情報.mdb	✓	2019/11/15	-3次元地質解析マニュアルVer2.0 -3次元地質解析システム「○○」操作マニュアル
iii-3) データ修正方針の確認	不適合が認められたデータについて、どのように修正あるいは棄却するか基準や方針を立てているか	選択	令和元年度 ○○○業務報告書 「○章 3次元地盤モデル構築方法」	✓	2019/11/16	-3次元地質解析マニュアルVer2.0
iii-4) 地質対比方法の確認	地質対比をおこなうための手法や対比の根拠となる基準は適切か	選択	令和元年度 ○○○業務報告書 「○章 3次元地盤モデル構築方法」	✓	2019/11/16	-3次元地質解析マニュアルVer2.0
iii-5) 補間アルゴリズム記録シート確認	補間アルゴリズムについて、地質事象に応じた手法を使用し、補間パラメータを正確に記録しているか	選択	○○○業務_管理データシート.csv ○○○業務_モデリング記録シート.csv	✓	2020/2/1	-CIM導入ガイドライン（案）第1編 共通編 令和元年 5月 -3次元地質解析マニュアルVer2.0
iv) 要求事項の照査						
iv-1) 作成モデルリスト確認	成果品を作成するために必要なモデルが揃っているか	必須	○○○業務_地盤モデル.dwg	✓	2020/2/15	全てのモデルが作成されていることを確認した
iv-2) 作成モデル妥当性確認	成果品を作成するために妥当なモデルとなっているか	必須	○○○業務_モデリング記録シート.xlsx	✓	2020/2/15	-3次元地質解析マニュアルVer2.0
v) 成果品の照査						
v-1) 成果品確認	要求事項を満たした成果品が揃っているか	必須	令和元年度 ○○○業務報告書 「表-○ 3次元地盤モデルリスト」	✓	2020/3/1	-○○○業務_特記仕様書
v-2) 照査記録・引継シート作成	照査結果やCIM モデル作成事前協議・引継シートを記録として残し、確実に次工程に継承できるようにしているか	必須	○○○業務_照査記録シート.csv ○○○業務_CIMモデル作成事前協議・引継シート.csv	✓	2020/3/1	-3次元地質解析マニュアルVer2.0 -CIM 導入ガイドライン（案）第1編 共通編 令和元年 5月
照査担当印		○○○○	印		2020/3/1	

出典：「3次元地質解析技術マニュアル Ver3.0.1」（3次元地質解析技術コンソーシアム）

参考資料

【参考資料 1】3次元地盤モデルにおける作成上の留意点

① 孔底の地質情報を境界面推定に生かす。

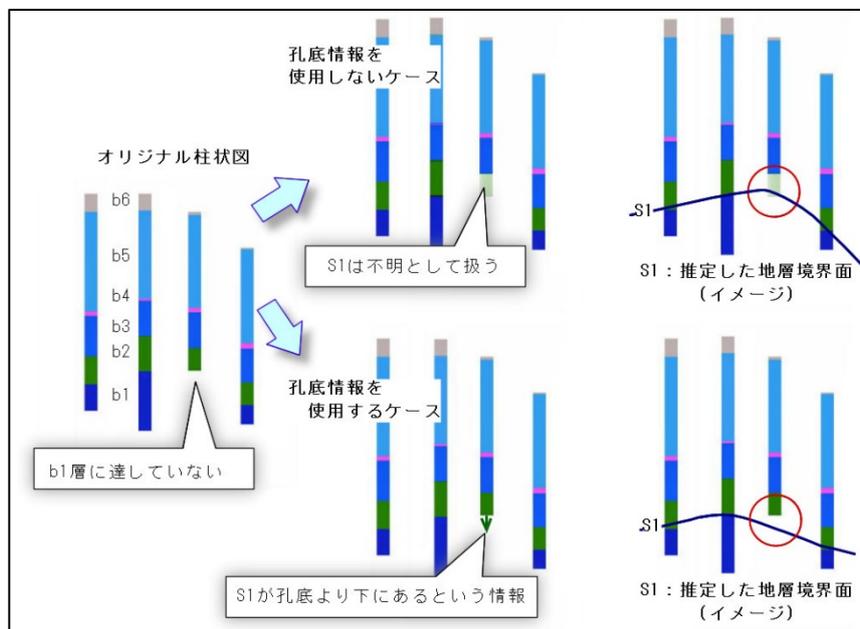


図 62 孔底の地層データを地層境界面の推定に利用する方法 (イメージ)

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」((一社)全国地質調査業協会連合会)

② 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。

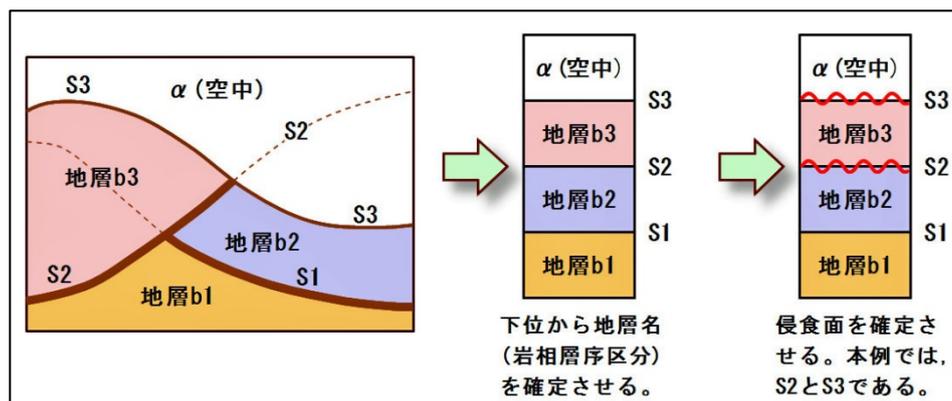


図 63 地層の論理モデルの表現方法 (例)

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」((一社)全国地質調査業協会連合会)

③ 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。

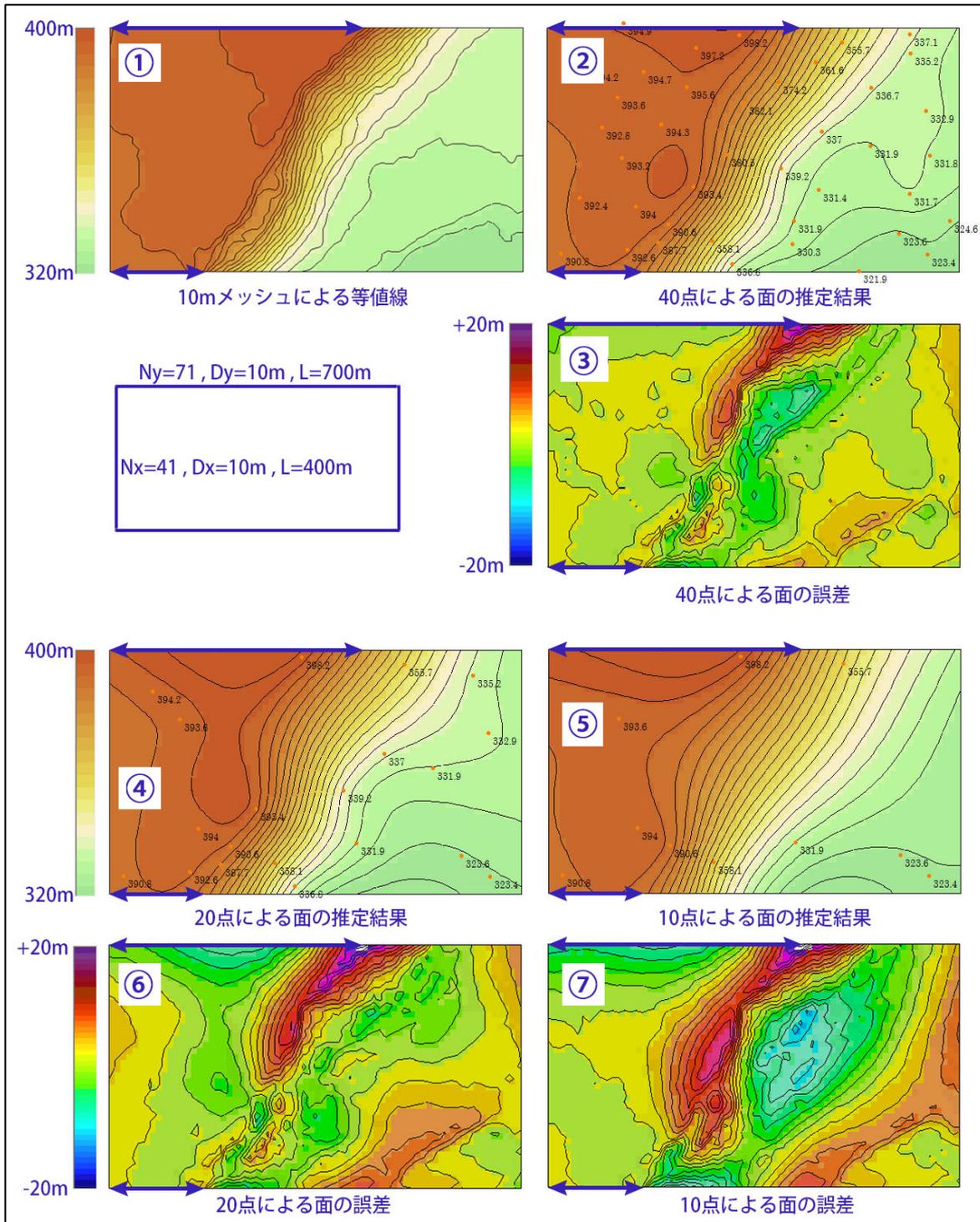


図 64 3次元曲面推定におけるボーリングの位置による影響（イメージ）

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」（（一社）全国地質調査業協会連合会）

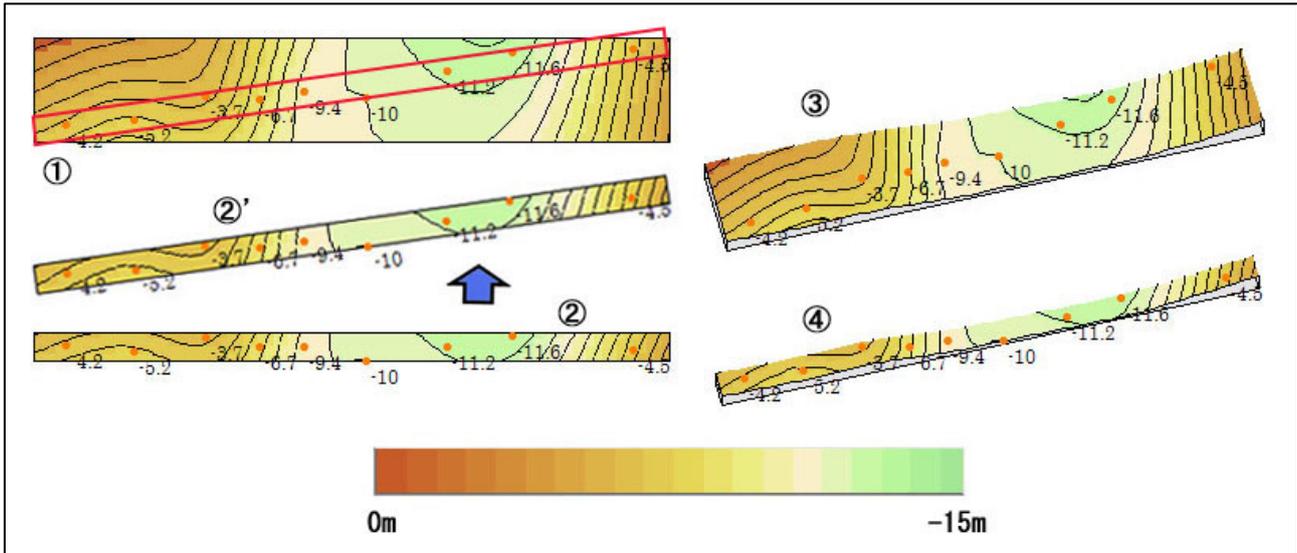


図 65 線状範囲による影響 (イメージ)

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」((一社) 全国地質調査業協会連合会)

④ 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。

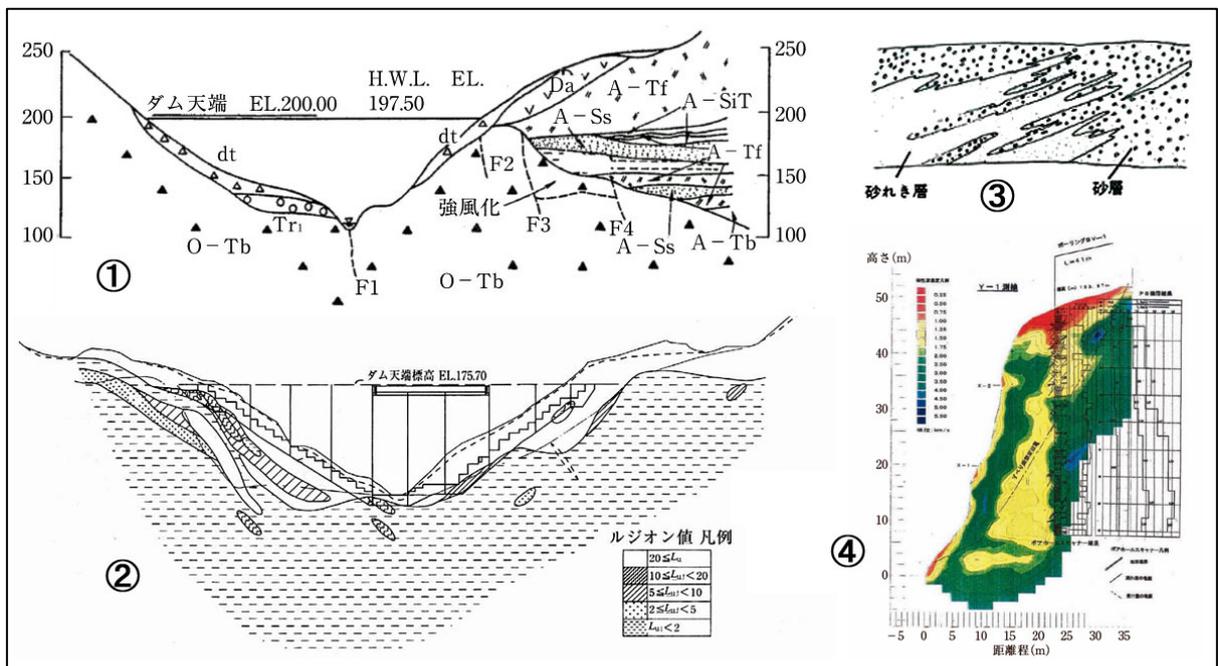


図 66 現時点でサーフェスモデルの作成が難しいと考えられる地質構造の例 (イメージ)

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」((一社) 全国地質調査業協会連合会)

【参考資料 2】地質・土質調査・計測における BIM/CIM のモデル化

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 BIM/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表 36 に示す。

表 36 地質・土質調査・計測データに用いる基本図形要素（例）

地盤情報 (地質調査情報)			基本図形要素				備考
			点	線	サーフェス	ソリッド	
地質調査データ	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	△	○	○	△	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・断面図等のベクタ・ラスタ形式の図面（ラスタ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	

○：使用頻度が高いもの、△：使用頻度が低いもの

出典：「3次元地質解析技術マニュアル Ver3.0.1」（3次元地質解析技術コンソーシアム）