

BIM/CIM 活用ガイドライン(案)

第 1 編 共通編

令和 4 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	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
BIM/CIM 活用ガイドライン（案） 第 1 編 共通編 令和 4 年 3 月	令和 4 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.....	7
1.3 BIM/CIM に関する基準・要領等の体系.....	8
1.4 用語の定義.....	11
2. 共通事項.....	15
2.1 BIM/CIM モデル.....	15
2.2 BIM/CIM モデルの分類.....	17
2.3 座標参照系・公共基準点.....	21
2.3.1 座標参照系・単位.....	21
2.3.2 公共基準点の活用.....	23
2.4 BIM/CIM モデルの詳細度.....	24
2.5 BIM/CIM を活用するための環境.....	27
2.5.1 ハードウェア、ソフトウェアの準備.....	27
2.5.2 情報共有システムの活用.....	28
3. BIM/CIM 活用の流れ.....	29
3.1 貸与資料の確認及び貸与.....	30
3.2 事前協議の実施.....	32
3.3 BIM/CIM 実施計画書の作成・提出.....	34
3.4 業務中又は工事中の BIM/CIM 活用.....	35
3.5 成果品の作成.....	36
3.6 成果品の納品・検査.....	37
第 2 章 測量.....	39
1. 設計に求められる地形モデル（精度等）.....	39
1.1 公共測量と地図情報レベル.....	39
1.1.1 公共測量.....	39
1.1.2 地図情報レベル.....	39
1.2 3 次元測量手法の適用範囲と特徴.....	41
1.3 地形モデルを利用する際の留意点.....	44
1.3.1 従来図面と地形モデルの違い.....	44

1.3.2 各設計工程における留意点	45
2. BIM/CIM モデルに利用するための測量方法	46
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	46
2.2 空中写真測量	48
2.2.1 主な特徴	48
2.2.2 主な利用場面	49
2.3 航空レーザ測量	50
2.3.1 主な特徴	50
2.3.2 主な利用場面	51
2.4 車載写真レーザ測量	52
2.4.1 主な特徴	52
2.4.2 主な利用場面	53
2.5 UAV 写真点群測量	56
2.5.1 主な特徴	56
2.5.2 主な利用場面	57
2.6 UAV レーザ測量	58
2.6.1 主な特徴	58
2.6.2 主な利用場面	60
2.7 地上レーザ測量	61
2.7.1 主な特徴	61
2.7.2 主な利用場面	63
2.8 航空レーザ測深（Airborne Laser Bathymetry : ALB）	64
2.8.1 主な特徴	65
2.8.2 主な利用場面	65
2.9 マルチビーム測深	66
2.9.1 主な特徴	67
2.9.2 主な利用場面	68
2.10 その他新たな計測手法	69
2.10.1 オブリーク（Oblique）カメラ	69
2.11 測量における用語の解説と留意点	71
2.11.1 国土交通省公共測量作業規程	71
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）	71
2.11.3 GNSS（Global Navigation Satellite System：全球測位衛星システム）	72
2.11.4 GNSS での測位方法の違いによる誤差の関係	72
2.11.5 IMU（Inertial Measurement Unit / 慣性計測装置）	72
2.11.6 標高とジオイド高	73
2.11.7 構造物等のエッジの取得について	73
2.11.8 レーザ測量における色つき点群の成果について	73
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	74

2.11.10 既成成果としての標高データ	74
第3章 地質・土質モデル	76
1. 地質・土質モデルの作成・活用に関する基本的な考え方	76
1.1 地質・土質モデル作成における基本方針	77
1.2 モデル活用の基本的考え方	78
2. モデルの活用	80
2.1 留意すべき地形・地質の把握・可視化	81
2.2 基礎地盤と構造物の位置関係の確認	82
2.3 基礎地盤の岩盤分類（地山分類）評価の確認	83
2.4 地下水面の位置関係の確認	84
2.5 住民説明、関係機関協議	85
2.6 数値解析	86
2.7 数量算出	87
2.8 施工計画・地盤改良範囲の設定	88
2.9 施工時の安全確認・維持管理での利用	89
2.10 地質・土質モデルの活用時の留意事項	90
3. 地質・土質モデルの作成	91
3.1 モデルの基本構成	91
3.1.1 BIM/CIM モデルの構成	91
3.1.2 地質・土質モデルの種類	92
3.2 準3次元地盤モデル作成	96
3.3 3次元地盤モデル作成	98
3.3.1 モデリング計画	100
3.3.2 資料収集・整理と3次元データ化	105
3.3.3 3次元地質解析	109
4. 成果品作成	116
5. 不確実性の引き継ぎ	120
6. 地質・土質モデルの照査	122
参考資料	128

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、渓流保全工、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9編	電気通信設備編	電気通信設備を対象に 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。

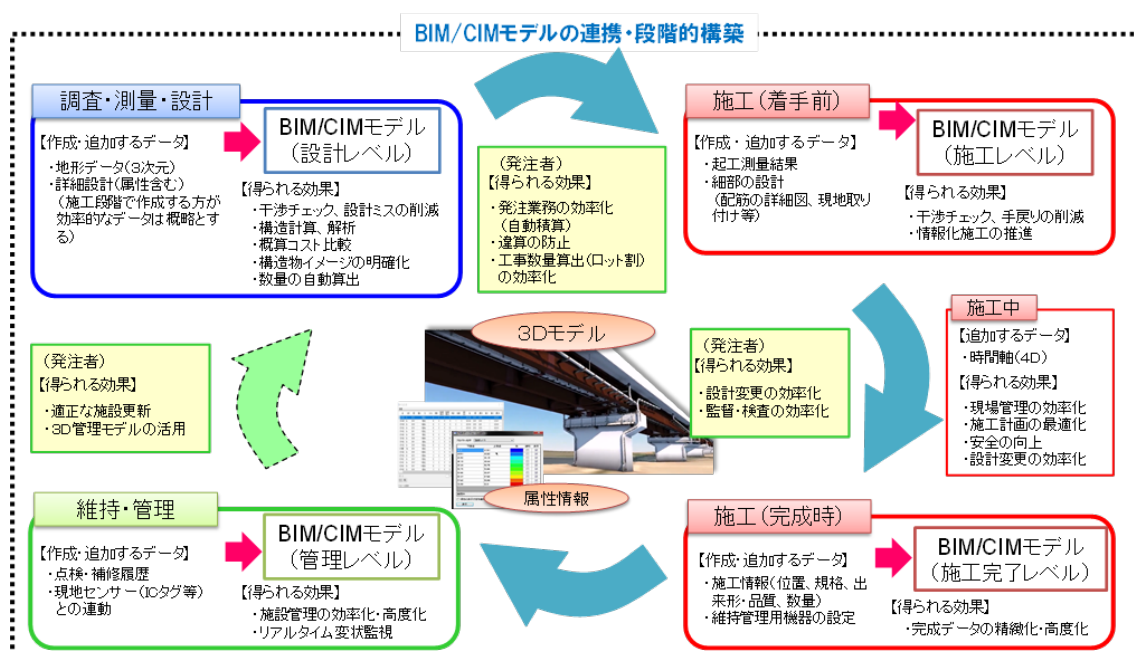


図 1-1 BIM/CIM の概念

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を見る化。
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。

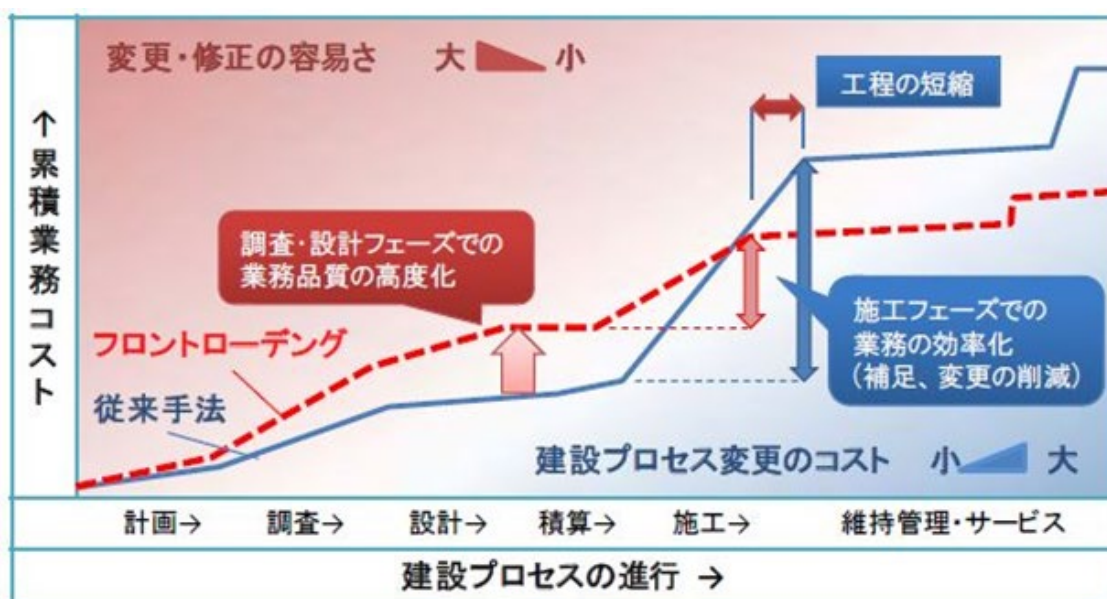


図 1-2 BIM/CIM によるフロントローディングによる効果のイメージ

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。

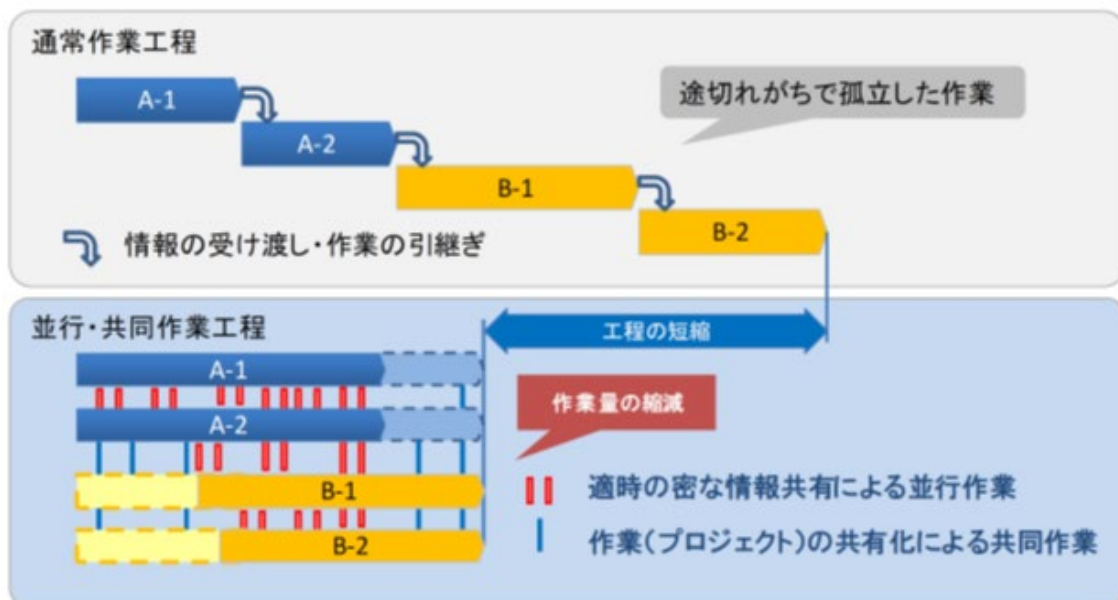


図 1-3 コンカレントエンジニアリング（並行作業・共同作業）による効果のイメージ

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及びコンカレントエンジニアリングの取り組みによる合意形成の迅速化、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 9 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 1-4 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 1-5 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 1-5 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。

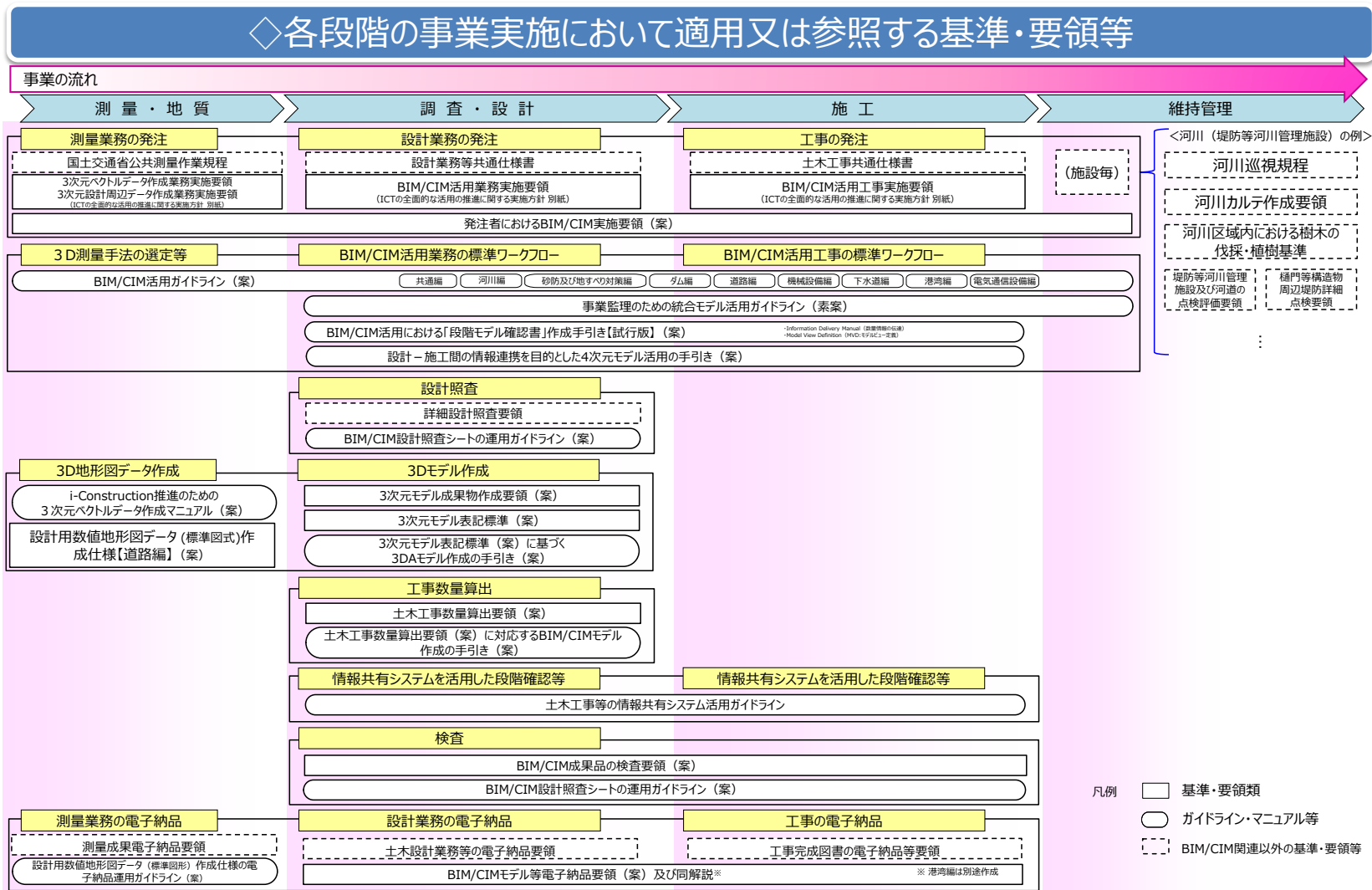


図 1-4 各段階の事業実施において適用又は参照する基準・要領等

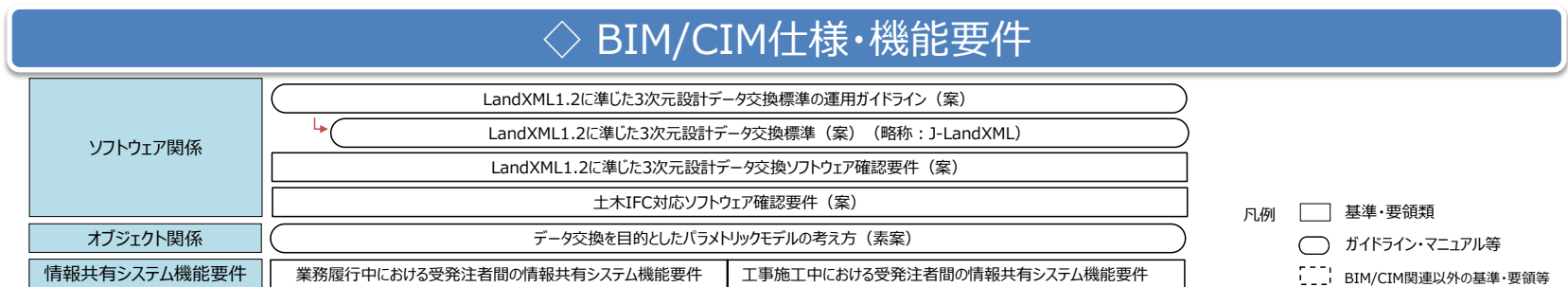
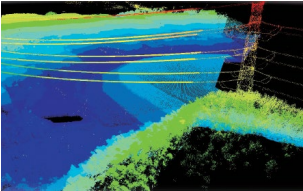
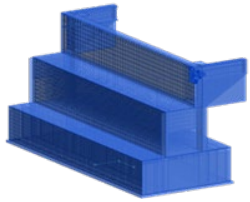
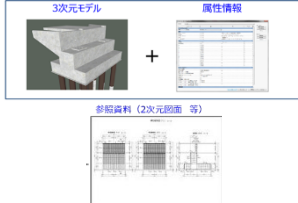


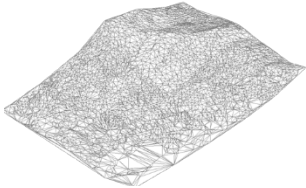
図 1-5 BIM/CIM 仕様・機能要件

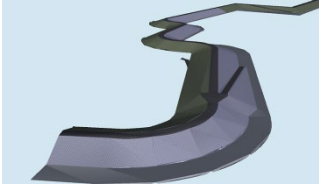
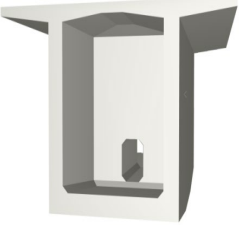
1.4 用語の定義

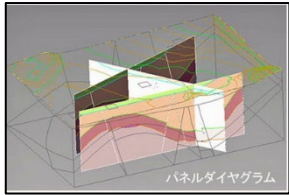
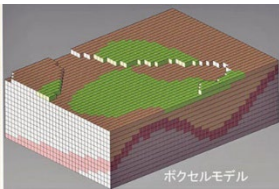
本ガイドラインにて使用する主な用語について、以下のように定義する。

表 1-1 用語の定義

No	用語	定義
1	3次元点群データ 	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。 地表面の計測だけでなく、新設構造物の出来形の管理・数量算出、既設構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 時期のデータ対比による変状解析等、利用用途・範囲が広がっている。
2	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。 各種の形状を 3 次元で表現するためのモデリング手法には、ワイヤーフレーム、サーフェス、ソリッド等がある。一般的に、構造物には体積が求められるソリッド、地形にはサーフェスが利用されている。
3	BIM/CIM (Building / Construction Information Modeling ,Management)	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。
4	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」を組合せたものを指す。
5	GIS (地理情報システム)	GIS (Geographic Information System) とは、位置に関する様々な情報を持ったデータを電子的な地図上で扱う情報システム技術の総称である。 出典: https://www.mlit.go.jp/kokudoseisaku/kokudoseisaku_tkl_000041.html
6	i-Construction	i-Construction とは、建設現場、すなわち調査・測量、設計、施工、検査、維持管理・更新までのあらゆる建設生産プロセスにおいて、抜本的に生産性を向上させる取組であり、建設生産システム全体の生産性向上の取組である。 出典 「i-Construction ～建設現場の生産性革命～平成 28 年 4 月」 (i-Construction 委員会)
7	ICT	ICT (Information and Communication Technology) は、情報通信技術を意味し、パソコン、インターネット等の技術を総称している。

No	用語	定義
8	IFC	IFC (Industry Foundation Classes) は、bSI (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。 bSI の日本支部組織が bSJ (buildingSMART Japan) である。
9	J-LandXML	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)
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。
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、不整三角網 (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)

No	用語	定義
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	地上型レーザスキャナ (TLS: Terrestrial Laser Scanner) 	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

No	用語	定義
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 1-6 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、詳細設計の最終成果物に付与する属性情報は『3 次元モデル成果物作成要領（案）』、数量に関する属性情報は『土木工事数量算出要領（案）』、事業の各段階での活用における属性情報は、本ガイドライン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。

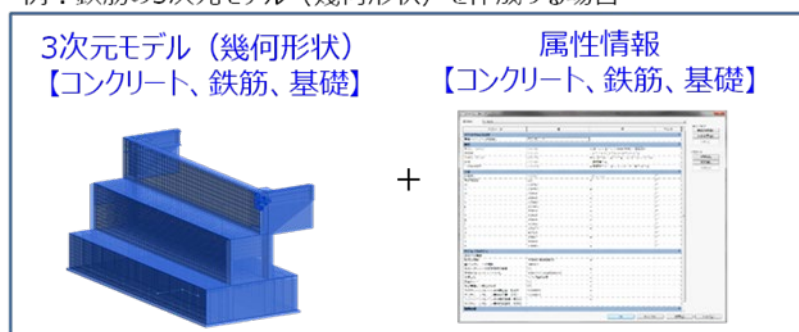
- （A） 表計算ソフト等で作成したファイルやその格納フォルダへ外部参照する。属性情報を表計算ソフト等で作成し、表計算ソフトのオリジナルファイルや CSV 形式で保存したファイルへ外部参照する。

- (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 1-7 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

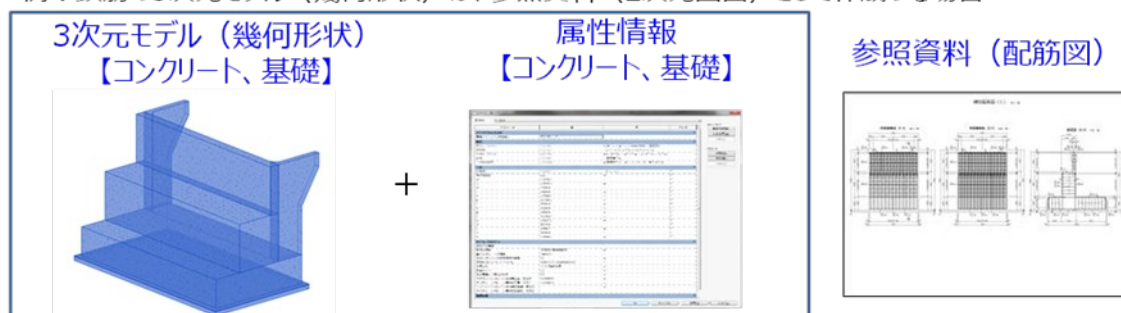


図 1-7 参照資料を使用する BIM/CIM モデルの事例

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。

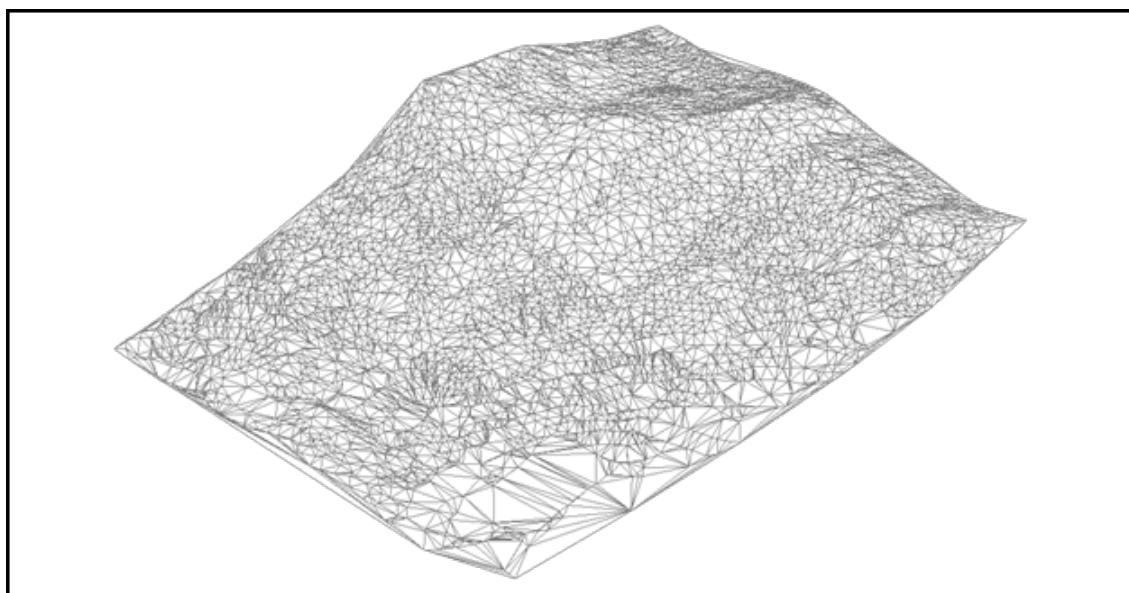


図 1-8 地形モデルの例

- ・ 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。

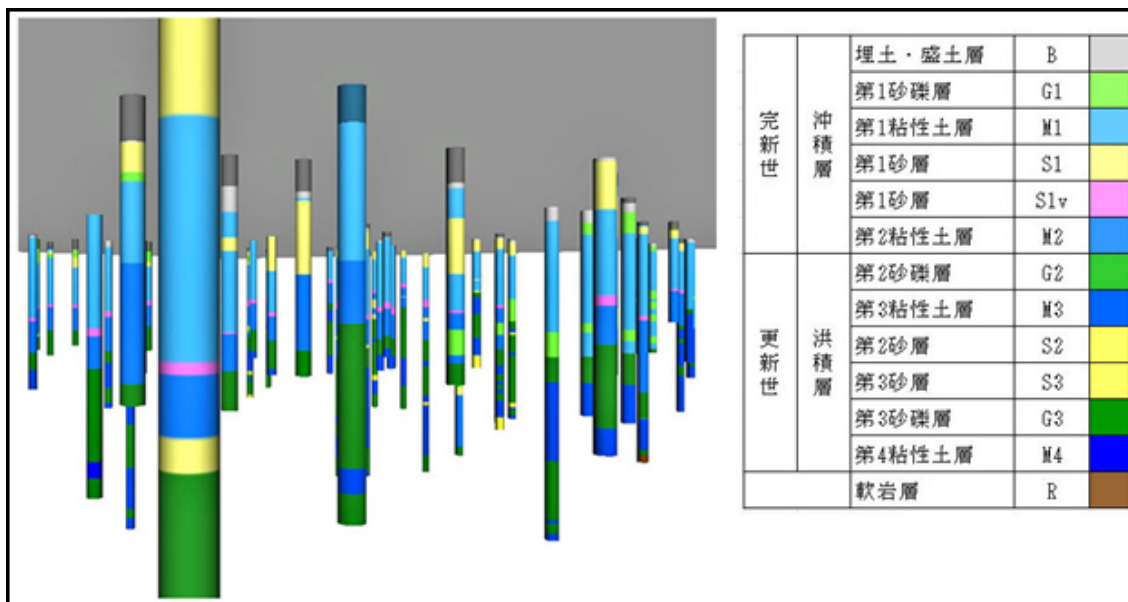


図 1-9 地質・土質モデルの例

- ・ 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。

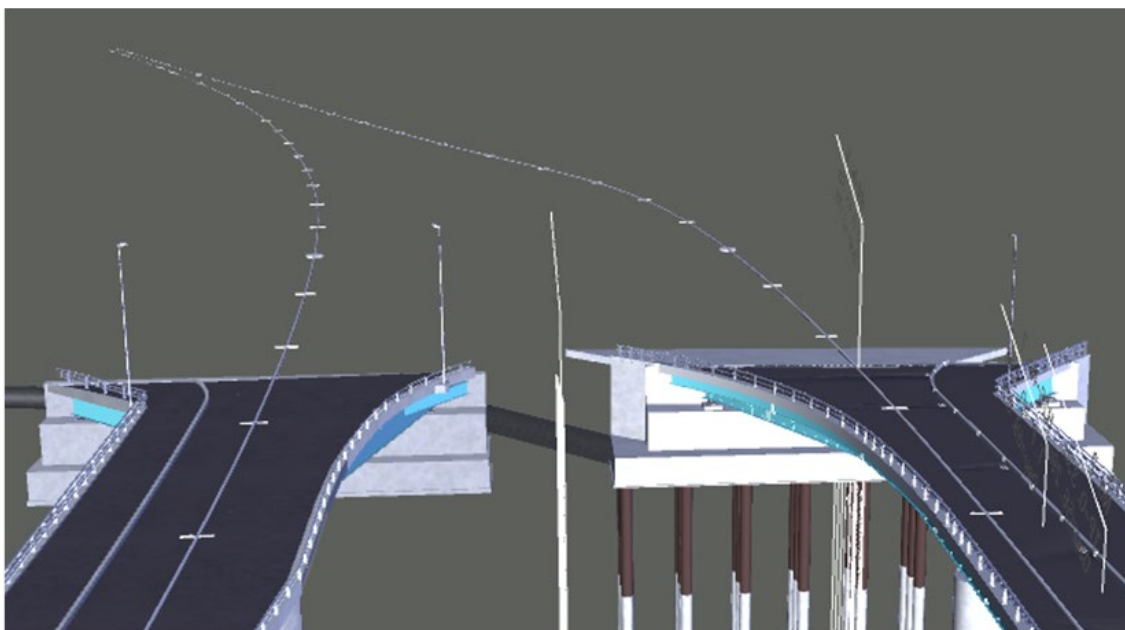


図 1-10 線形モデルの例

- ・ 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 又はサーフェス等で作成する。

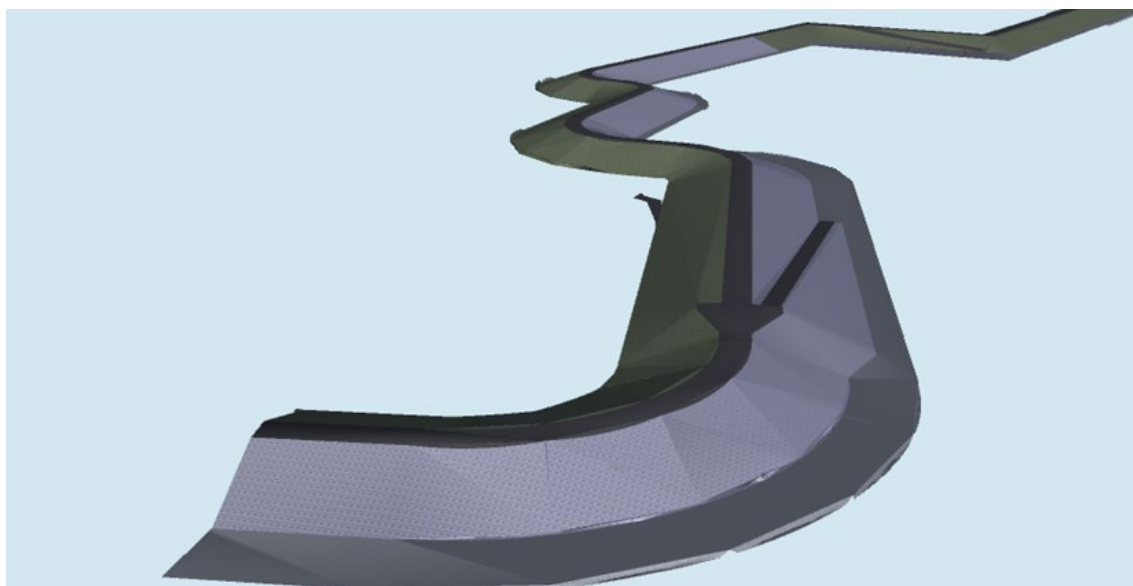


図 1-11 土工形状モデルの例

- ・ 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 1-12 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 1-13 統合モデルの例

2.3 座標参照系・公共基準点

2.3.1 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/ky2jgd/main.html>)等を利用すること等で変換が可能である。

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

ある。

任意の測量時期による標高座標を、「測地成果 2011」による標高座標に変換するには、国土地理院の Web サイト「Web 版補正パラメータによる標高成果計算サイト」(<https://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/surveycalc/hyokorev/hyokorev.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。

2.3.2 公共基準点の活用

測量・調査、設計、施工、維持管理・更新の各段階で作成する BIM/CIM モデルに公共基準点情報を付与、引き継ぐことで、BIM/CIM モデルを統合して活用する際の不整合を防止することが出来る。

【解説】

測量・調査、設計、施工、維持管理・更新の各段階において作成された BIM/CIM モデルに位置情報を持たないものがあると、各段階の個別業務及び工事の BIM/CIM モデルの統合作業が非効率となるだけでなく、統合した BIM/CIM モデルの活用が困難となる可能性がある。

そのため、後工程における BIM/CIM モデルの統合活用のために、各段階で使用した公共基準点情報は BIM/CIM モデル内に「基準点オブジェクト」を作成し属性情報等で適切に引き継ぐことでこれらを防止することが出来る。

詳細設計の最終成果物については『3次元モデル成果物作成要領（案）』の附属資料4に基づき「基準点オブジェクト」を作成するとともに、「BIM/CIM モデル作成 事前協議・引継書シート」に公共基準点に関する情報を記載する。詳細設計以外の各段階で作成する BIM/CIM モデルについても、当該附属資料を準用し、公共基準点の情報を後工程へ適切に引き継ぐことが重要である。

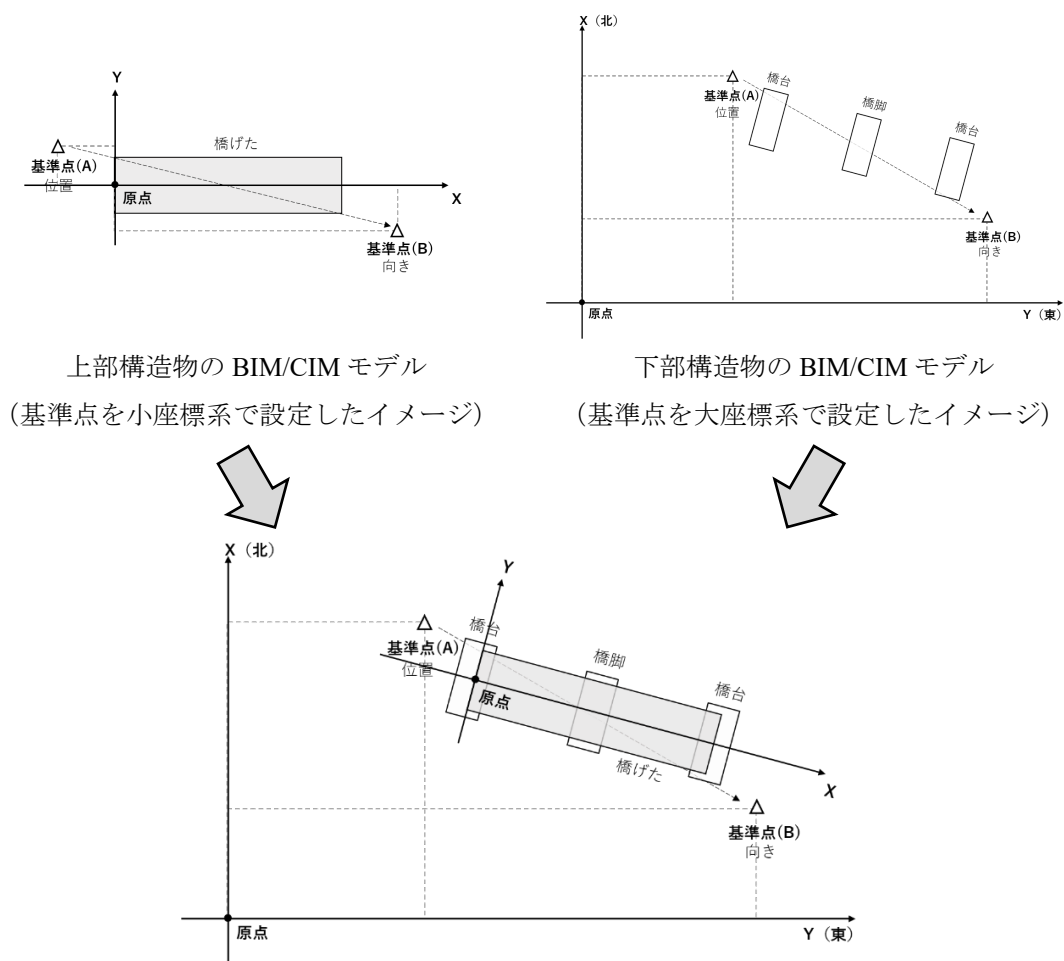


図 1-14 基準点を用いた統合イメージ

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、そのモデルの作り込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。

【解説】

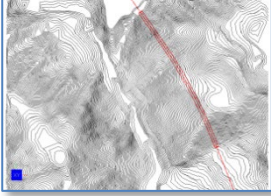
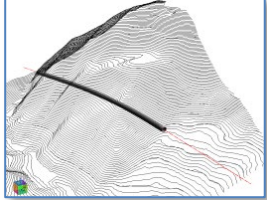
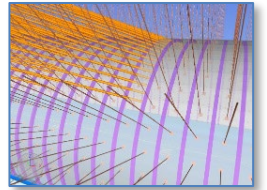
詳細度（LOD）は、Level Of Detail（形状の詳細度）のほか、Level Of Information（情報の詳細度）、Level Of Development（展開度）等の考え方があり、BIM/CIM モデルの活用にあたってはいずれも重要である。

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 1-2 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）』及び本ガイドラインの各分野編による。

表 1-2 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）避難通路などの拡張部の形状をモデル化する。検討結果を基に適用支保パターンの範囲を記号等で、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 1-3 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標準（案）（略称：J-LandXML）』に、IFC ファイルの入出力については『土木 IFC 検定』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標準（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 IFC 検定』 対応ソフトウェア
土木 IFC 検定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、協議を行いビューア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。

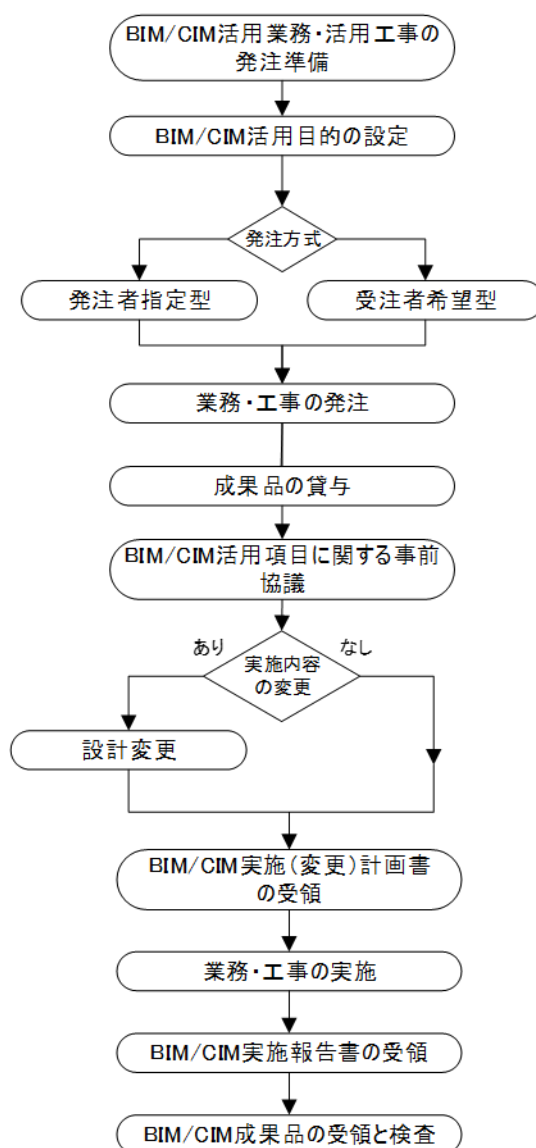


図 1-15 BIM/CIM 活用の流れ

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」、「別途作業中の測量業務で追加実施」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：/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 : /BIMCIM/DOCUMENT : /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）』及び本ガイドラインの各分野編による。

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、本ガイドライン「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】	
(1) BIM/CIM モデルの活用目的	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。 ● 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
(2) BIM/CIM モデル作成範囲と詳細度（目安）	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。 ● 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。
(3) BIM/CIM モデル構築環境	● BIM/CIM モデル作成ツールは以下を用いる。 ➢ 地形モデル・道路モデル（土工形状、構造物モデル） 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 ➢ ■■データ転送サービスを利用
(4) 使用データ	● 貸与資料は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、地質縦断面図、地質横断面図）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。
(5) ファイル形式、納品形式 ※	● 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。 ➢ 地形モデル・道路モデル（土工形状、構造物モデル） 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 ➢ 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/bimcimindex.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、本ガイドライン「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』のフォルダ構成における「ルート」直下に「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 1-2 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 2-1 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 2-2 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	地上 レーザ 測量	車載写真 レーザ 測量	UAV 写真 測量	空中写真 測量	航空 レーザ 測量※	UAV レーザ 測量
250	○	○		○			
500	○	○	○	○	○	○	○
1000	○		○		○	○	○
2500	○				○	○	
5000					○	○	
10000					○		

※ 航空レーザ測量の成果は、数値標高モデル等の点群データ及び等高線データとなる

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。

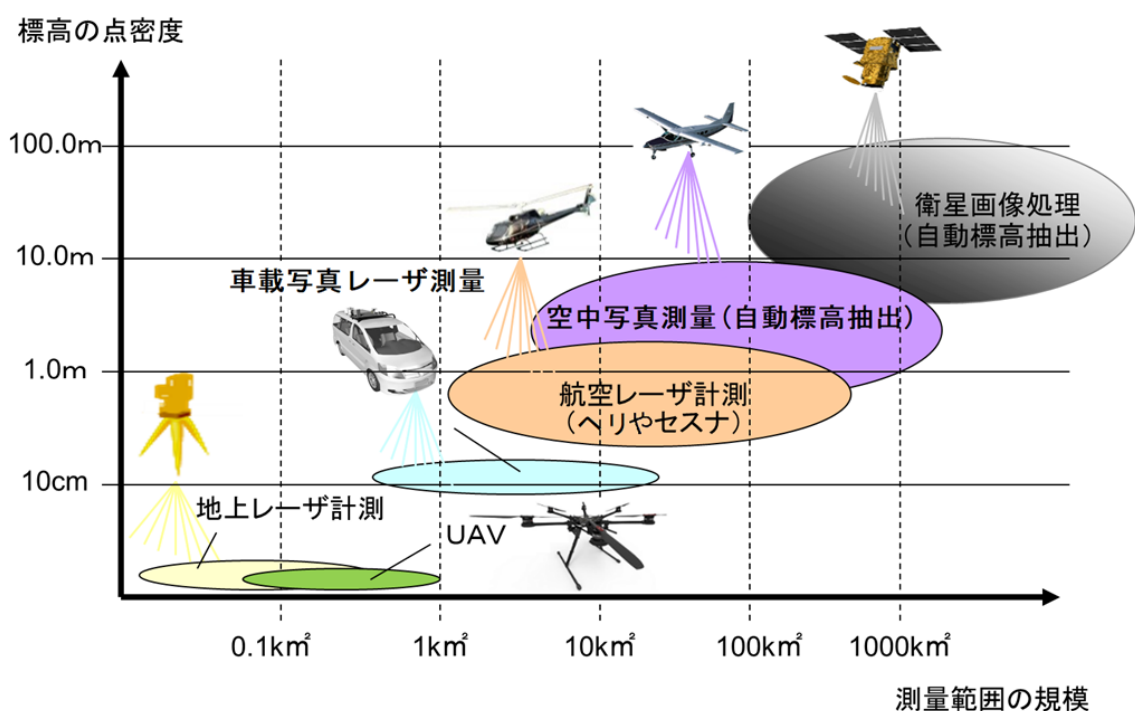
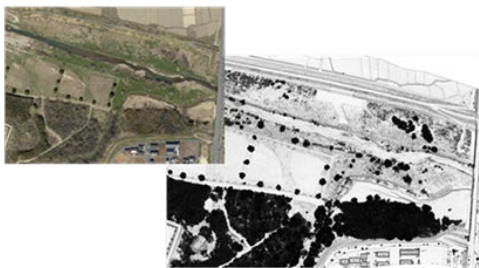


図 2-1 3次元測量手法の点密度と適用範囲

出典：CIM 技術検討会 平成 26 年度報告（CIM 技術検討会）

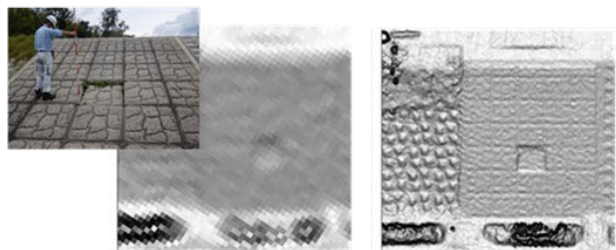
なお、これらの手法により取得される3次元点群データについては、「計測点密度（計測点間隔）」「フットプリント（対象物を計測した際のレーザ径）」の2つの要因により空間分解能が決まる。例えば、図2-2左図のように、地図情報レベル1000や500の地形モデルを生成する場合は、数mから数十cm程度の計測点密度、フットプリントの空間分解能を持った3次元点群データが使用される。一方、図2-2右図のように、護岸被覆など構造物モデルを生成する場合は、数十cmや数cm程度の計測点密度、フットプリントの空間分解能を持った高精細な3次元点群データを利用する。対象範囲、位置精度、計測対象物の細かさ、目的に応じて、適切な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

3次元点群測量手法		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 (0.5～30m 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。
空中写真による自動標高抽出		1～50 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		1～16 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。
車載写真レーザ点群測量		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)	写真点群測量	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。
地上レーザ点群測量		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 以下) 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。

^{*1}DSM (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)
衛星画像と空中写真、UAV 写真は画像処理によるもので実測値ではない

^{*2}DTM (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

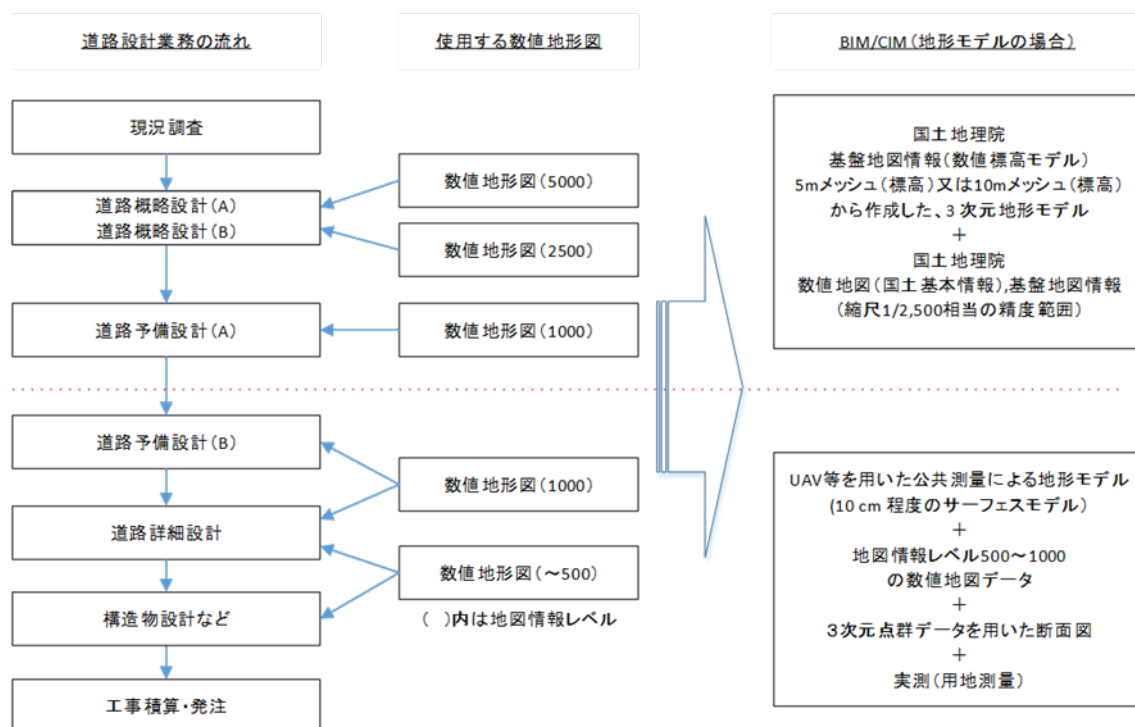
1.3 地形モデルを利用する際の留意点

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 2-3 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。

設計段階で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、組合せが必要である。また、面的な 3 次元計測手法では、コントロールポイントとなる境界線、構造物のエッジ等でピンポイントでの測量には向かないため、従来から存在する 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。

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。

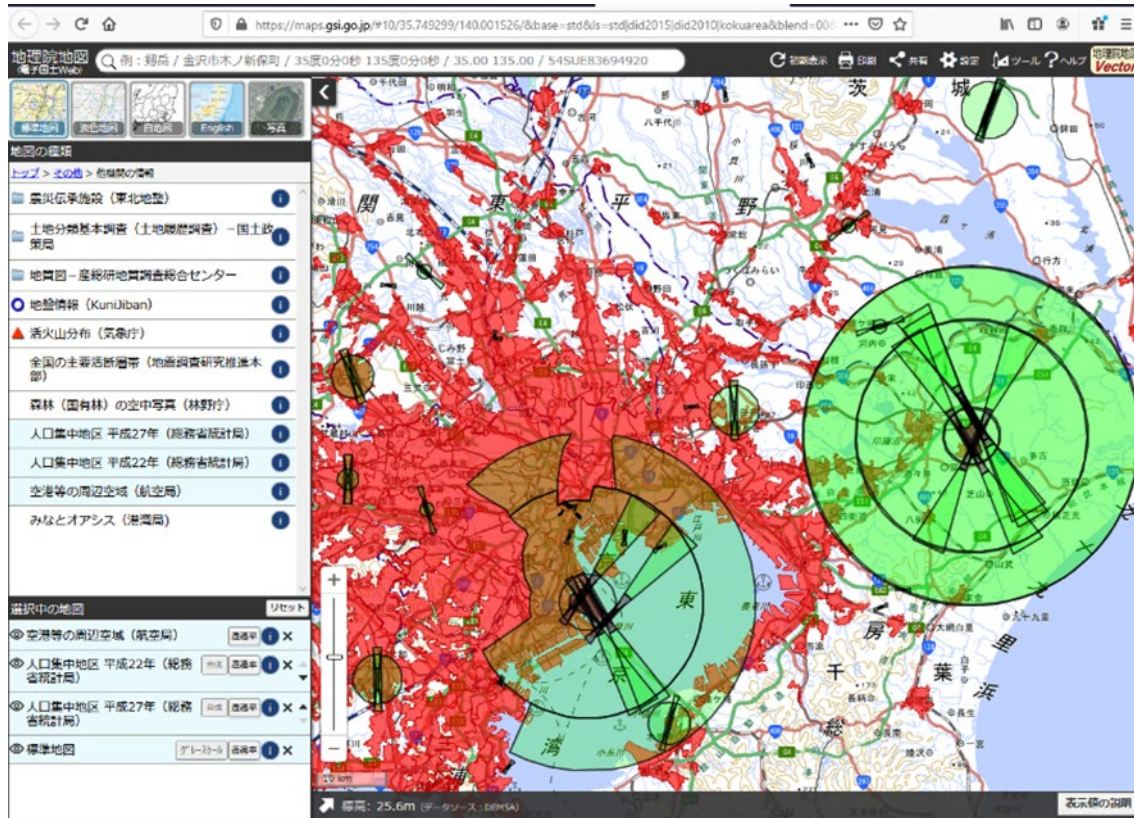


図 2-4 「地理院地図」による「人口密集地区」と「空港等の周辺空域」の表示例

2.2 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 2-4 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。

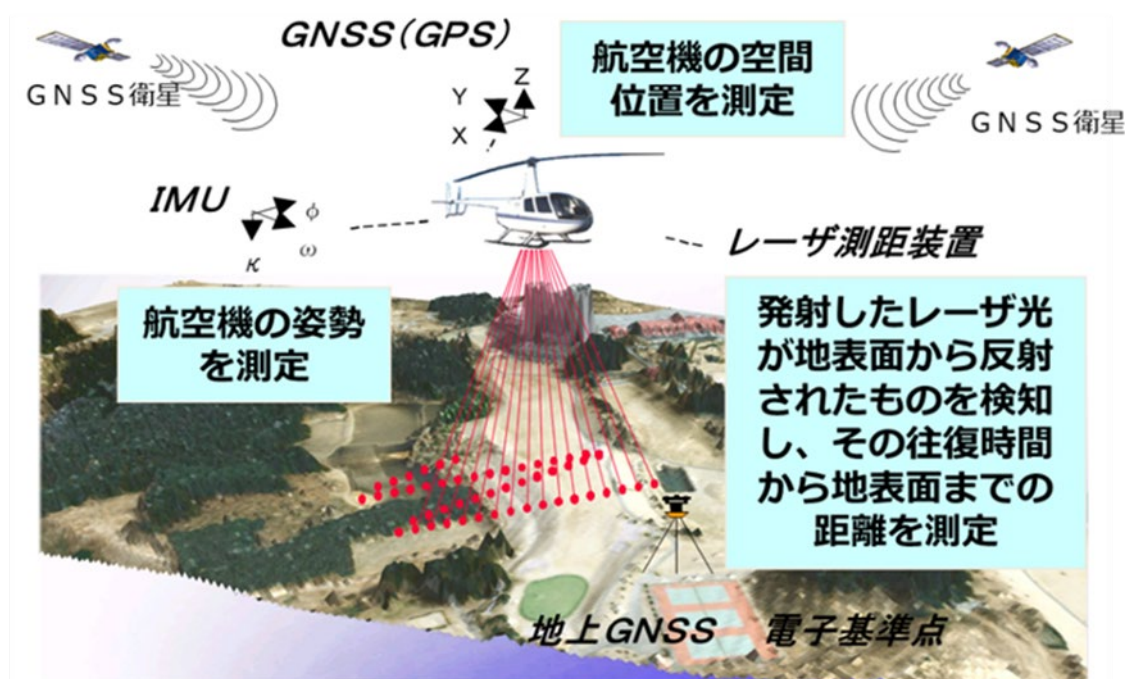


図 2-5 航空レーザ測量

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。

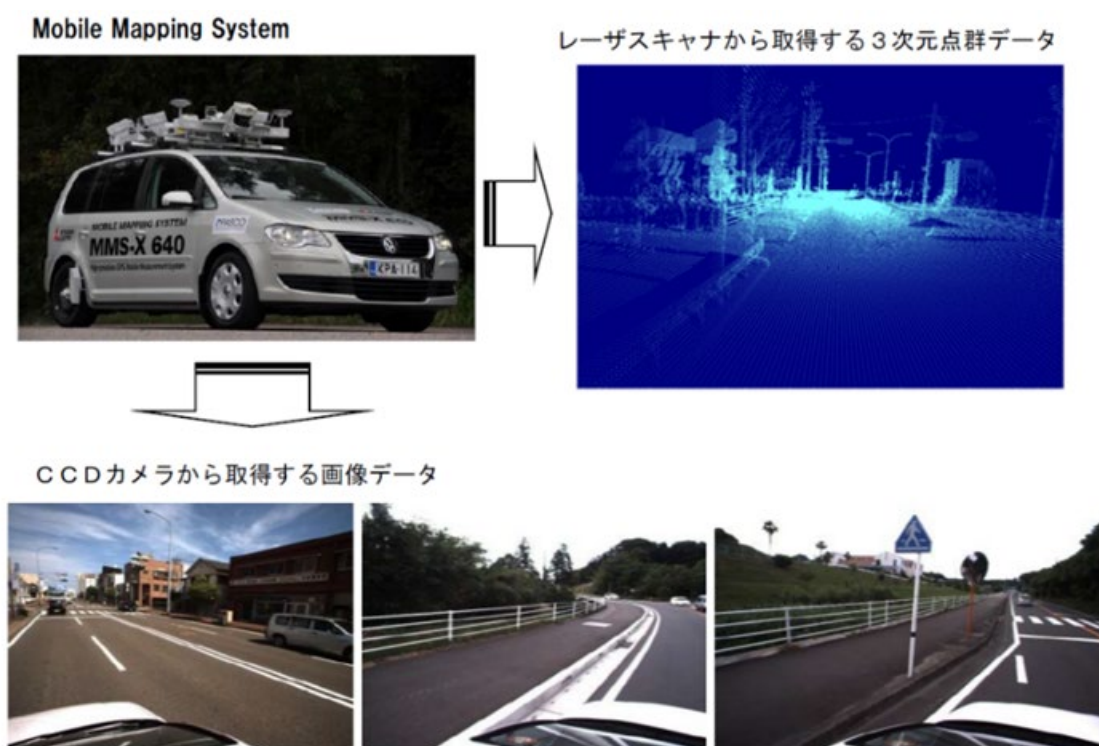


図 2-6 モービルマッピングシステム（MMS）

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 2-5 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

表 2-6 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 2-7 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。

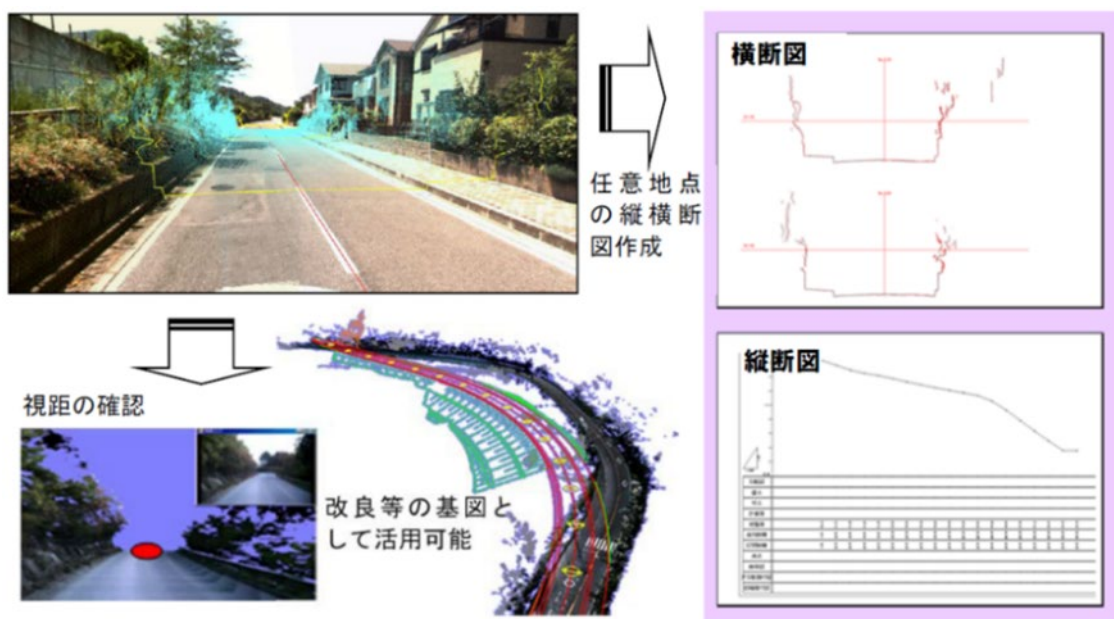


図 2-7 道路設計での活用

出典：CIM 技術検討会平成 26 年度報告（CIM 技術検討会）

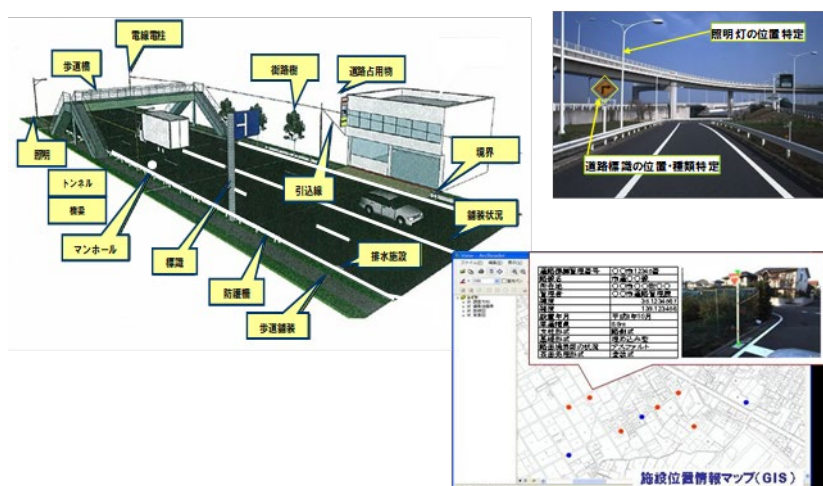


図 2-8 道路の維持管理での活用（施設管理）

出典：CIM 技術検討会平成 26 年度報告（CIM 技術検討会）

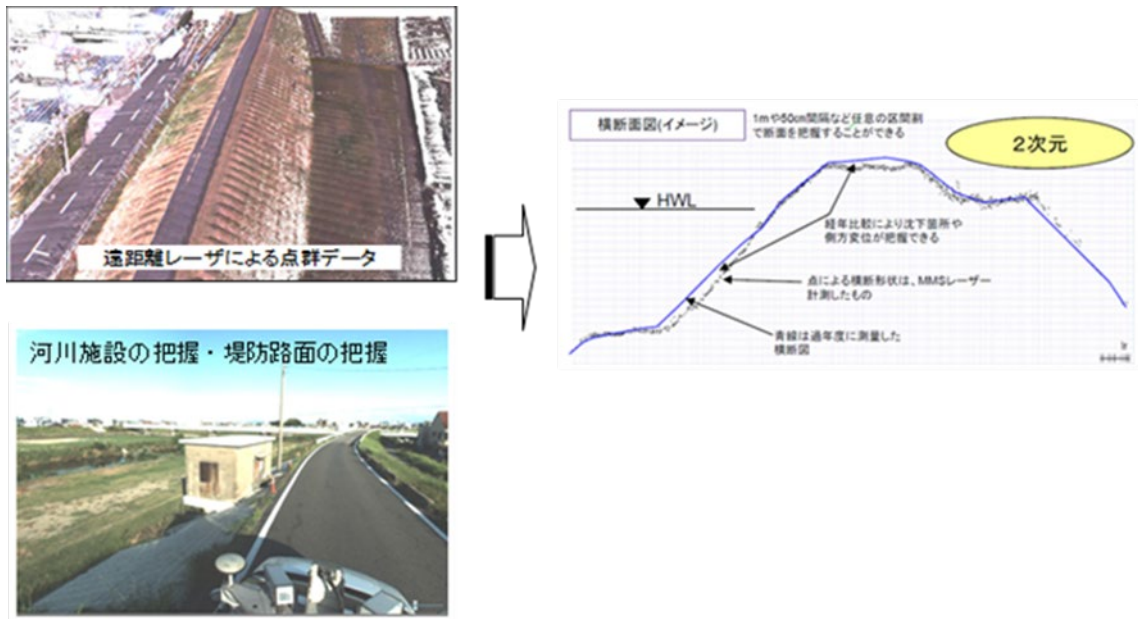


図 2-9 河川分野での活用

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。

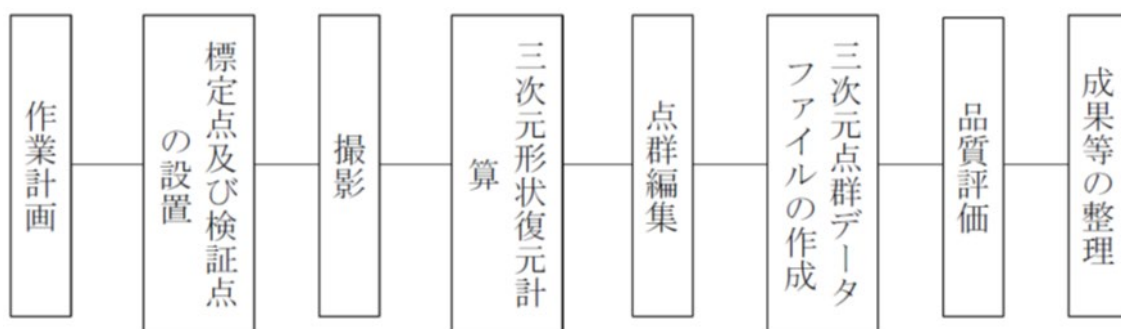


図 2-10 UAV を用いた空中写真による 3 次元点群測量における工程別作業区分及び順序

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 2-8 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 2-9 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、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ー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。

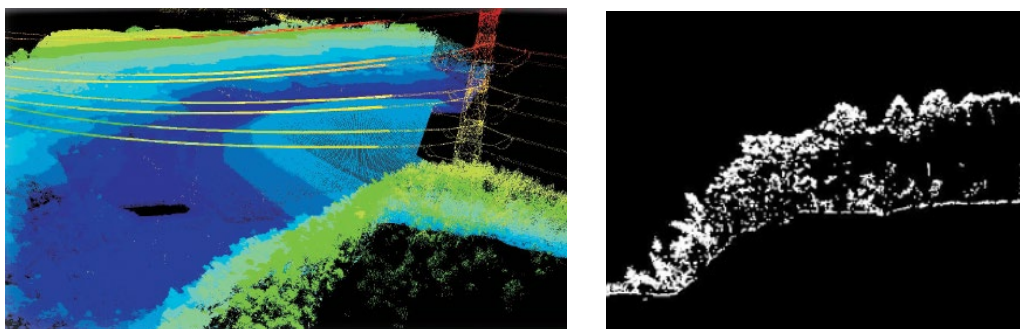


図 2-11 UAV レーザ測量を利用した点群データ段彩図、断面図

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 2-10 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 グリット、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 2-11 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 2-12 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 2-13 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。グラウ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。

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種類があり、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 2-12 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、機器からの距離とともに観測対象物への入射角が重要で、レー

ザ光が機器から遠ざかるほどレーザー光の照射範囲（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 2-14 測量精度

地図情報レベル	水平位置の標準偏差	標高点の標準偏差	等高線の標準偏差
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 2-15 地上レーザ観測による標高の較差と観測条件

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 次元測量で利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。

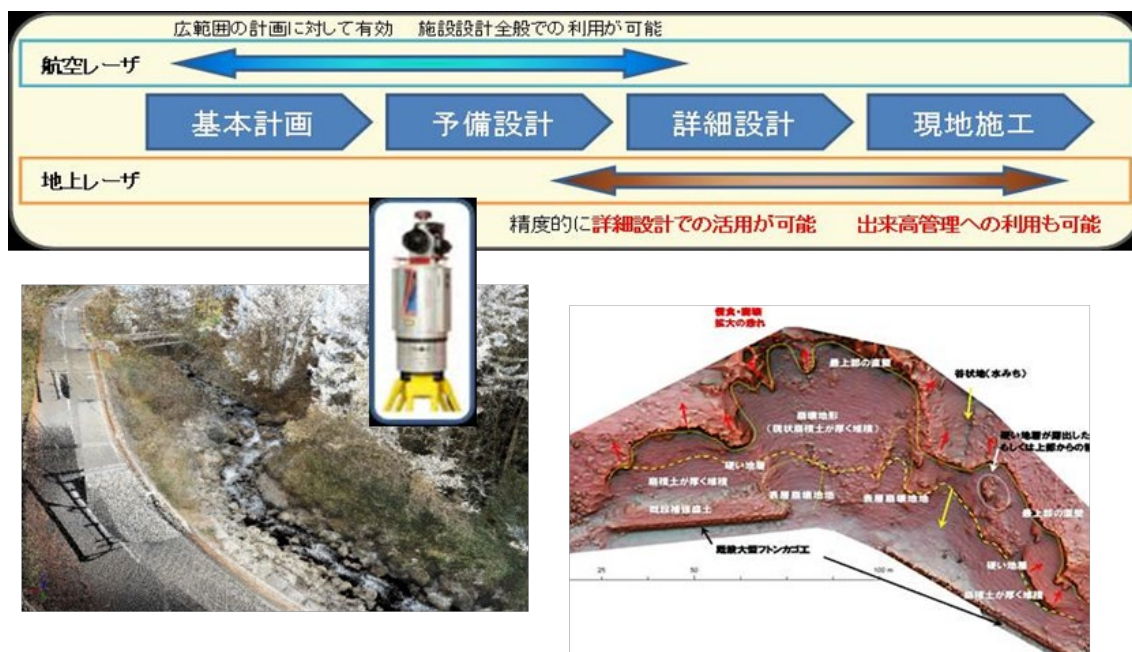


図 2-13 地上レーザ測定の活用範囲

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）

航空レーザ測深の形態として、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。

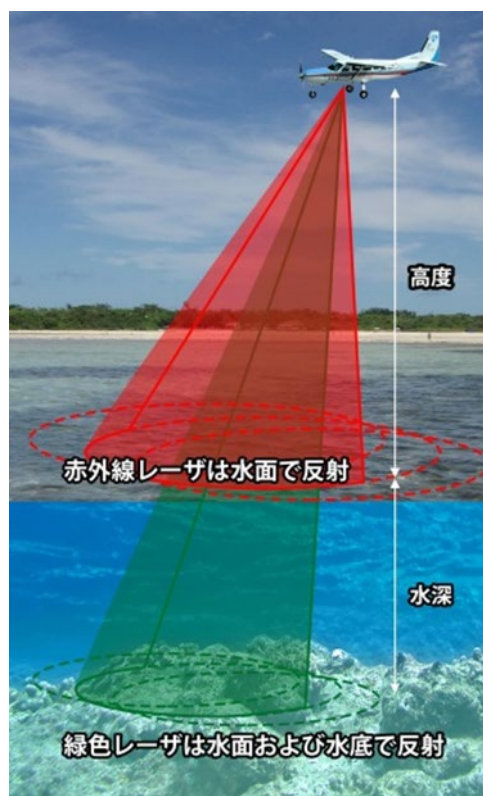


図 2-14 航空レーザ測深

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得ることができる。特に浅い水深域において船舶による計測ができない範囲の計測ができる。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 2-16 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のあることから、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浅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。

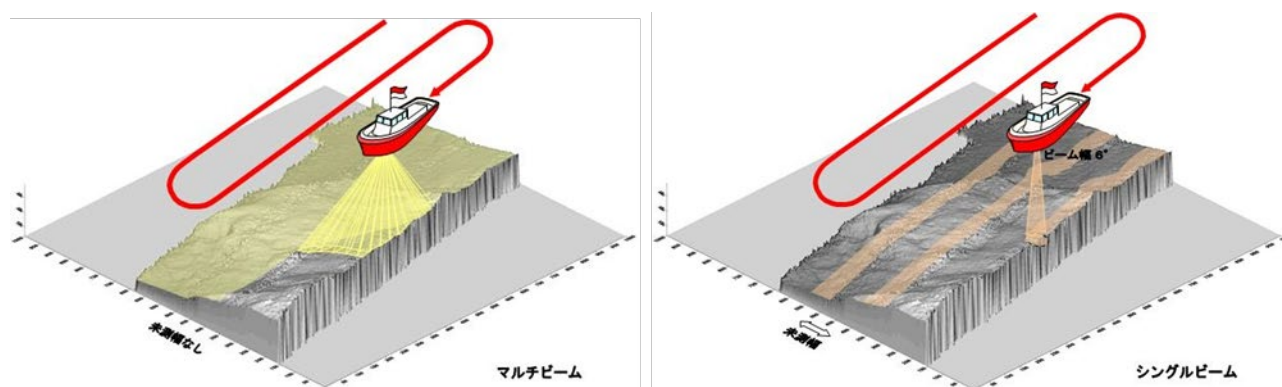


図 2-15 マルチビーム音響測深とシングルビーム音響測深

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 2-17 のとおり求められている。

表 2-17 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。

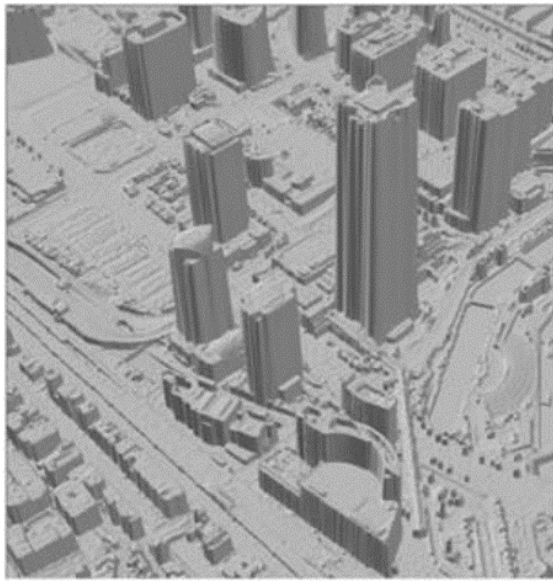
画像マッチング技術は、開発されてからもう十数年になるが、オブリークカメラの出現により、概略設計モデルの作成工程に大きな影響を与えようとしている。

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。

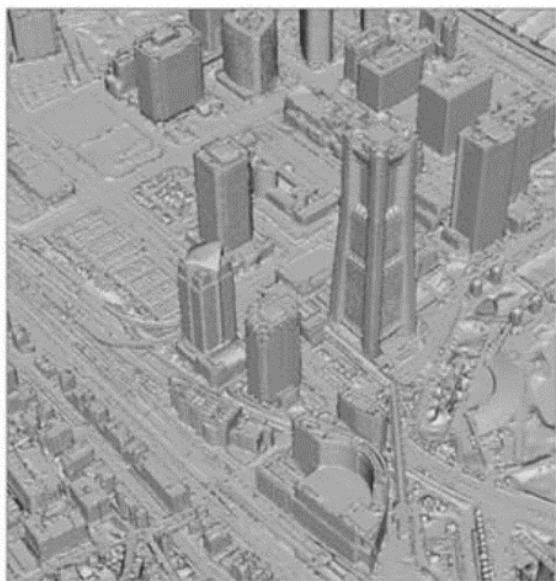
*4 TIN：Triangulated Irregular Network の略：地表面や構造物等を三角形の集合体で表現する。



図 2-16 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 2-17 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 2-18 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）では測量方法が異なることから、これらを混在させる場合、精度も異なることに留意する。

（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://www.gsi.go.jp/denshi/denshi_aboutGNSS.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 2-18 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://www.gsi.go.jp/denshi/denshi45009.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。

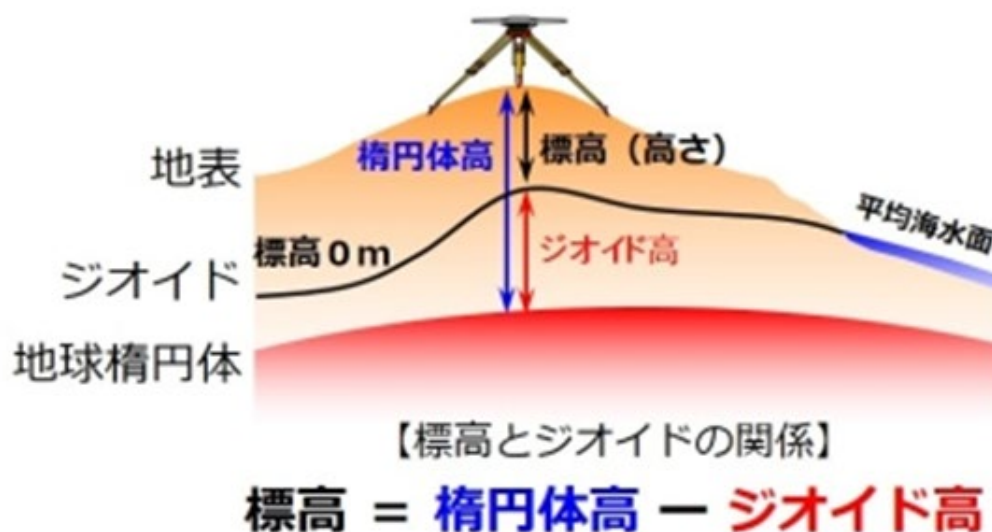


図 2-19 標高と楕円体高とジオイド高の関係

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、作成方法等様々な存在し、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 2-19 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、作成手順（例）及び不確実性の引き継ぎを示した。

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。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たとしても、それに応じて地質・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

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。

【解説】

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 モデル活用の基本的考え方

地質・土質モデルは、各事業の特性や計画、設計、施工、維持管理・更新など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・作成する。また、地質・土質モデルを次の段階に継承する場合は、モデル作成の考え方や作成に使用したアプリケーション、使用データ、不確実性の内容、考えられる地質・地盤リスクの内容など、引き継ぐべき情報の記録内容や方法について検討し「BIM/CIM モデル作成 事前協議・引継書シート」を作成する必要がある。

【解説】

地質・土質モデルを作成し、各段階で利用可能な BIM/CIM モデルと併せて 3 次元空間に配置することで、相互の位置関係の把握が容易になるほか、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でき、対策検討に関わる意志決定の迅速化等の効果が期待できる。

しかしながら、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、調査等で得られた情報の量、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する「不確実性を含んだモデル」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。

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も必要となる。

各段階で継承される場合の地質・土質モデルの流れを図 3-1 に示す。

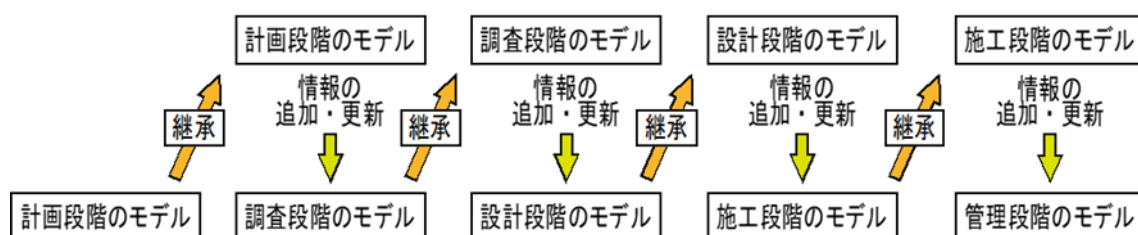


図 3-1 地質・土質モデルを各段階へ継承する場合の流れ

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。
- 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。
- 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。したがって 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・土質モデルは、各事業の特性や各事業段階（計画、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、初期計画段階での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（例：ボーリングモデル（推定・解釈モデル）、準 3 次元地質断面図モデル、サーフェスモデルなど）や構造物詳細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（例：ソリッドモデル、ボクセルモデルなど）などのように、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 3-2 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。

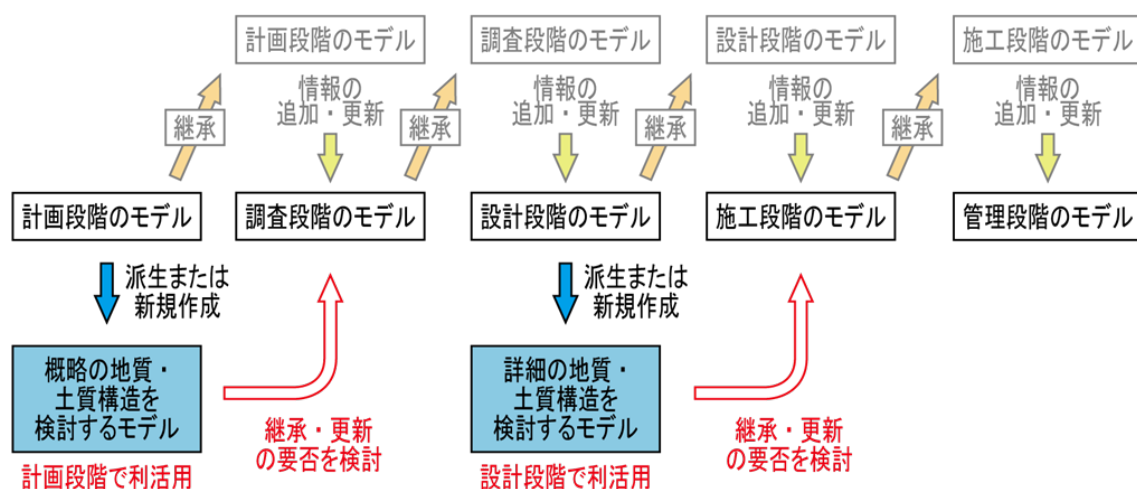


図 3-2 各事業段階でのみ作成・利活用される地質・土質モデルの例

2. モデルの活用

地質・土質モデルの活用は、各事業の特性や計画、設計、施工、維持管理・更新など各事業段階で
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・作成し活用
する。

【計画段階】

地質・地盤リスクを評価するために、比較的広範囲な地質・土質モデル（サーフェスモデル）
を作成する。広範な地質情報にはばらつきや不統一があるため、まず地質情報の整理・統合を図
ることが必要となる。

【設計段階】

地質調査結果を基に、対象区域の地質・土質モデルを作成する。構成された地質・土質モデル
を基に設計を行う。ダムなど長期にわたる事業では、調査の進捗に伴う地盤情報の増加に対し、
適切なタイミングでモデルの更新を図り精度を向上させる必要がある。

【施工段階】

施工実績により得られた情報により、設計段階で構築した地質・土質モデルを適宜修正する。

【維持管理・更新段階】

定期点検結果などを基に、施工段階で構築・修正された地質・土質モデルを更新する。

表 3-1 具体的な利用場面と対応可能な地質・土質モデル

用途	3次元地質・地盤モデルの利用場面	地質調査データ				地質・地盤モデル				備考 (掲載項)
		露頭	ボーリング サウンディング	物理 探査	動態 観測	準3次元 図面	サーフェス	ソリッド	ボクセル	
二次利用	データシート出力		●	●	●		●	●	●	
	地質図面（平面図、断面図）出力						●	●	●	2.2.5
	地質図面（地質境界面標高・深度・地層厚等のコンター）出力						●	●	●	2.2.4
	点検台帳やカルテに用いる基礎図面（正面図、パース図等）出力	●	●	●	●		●	●	●	2.2.8
	土軟硬区分や地質境界面標高・深度の差分計算						●	●	●	
	工事範囲における対象地質（土軟硬区分等）土量算定						●	●	●	2.2.7
	3次元地質・地盤モデルデータそのものの利用	●	●	●	●	●	●	●	●	
地質解析 作業	数値解析用3次元地質・地盤モデルデータへの加工						●	●	●	2.2.6
	地質情報の3次元的な整合性確認	●	●	●	●	●	▲※	▲※	▲※	2.2.1
	地質調査データを用いて初期地質モデル構築	●	●	●	●	●	●	●	●	2.2.2
	施工による実績地質データ取得とモデル更新	●	●	●	●	●	●	●	●	2.2.8
可視化	地質調査位置や種類情報	●	●	●	●					
	地質・地盤モデルの根拠となる地質調査データ	●	●	●	●	●				2.2.1/2.2.5
	予測地質分布・構造					●	●	●		2.2.1/2.2.5
	施工範囲に係る詳細地質・地盤モデル	●	●				●	●		2.2.2/2.2.8
	亀裂等不連続面の詳細地質モデル	●	●				●			
	土軟硬区分や岩盤分類の予測モデル	●	●	●		●	●	●	●	2.2.3
	地質解析結果と安全率や影響範囲	●	●	●	●	●	●	●	●	
	対象地質・地盤モデルと構造物や対策工との干渉チェック						●	●		2.2.2/2.2.8
	予測地質・地盤モデルと実績地質・地盤モデルの比較					●	●	●	●	
	モニタリング結果	●	●	●	●	●	●	●	●	2.2.9
	地質・地盤パラメータ	●	●	●	●	●	●	●	●	
	地質・地盤モデル利用上の留意点	●	●	●	●	●	●	●	●	2.2.10
	地質・地盤リスク情報（点検着目点、災害位置、素因、誘因、被害規模等）	●	●	●	●	●	●	●	●	2.2.2/2.2.5/2.2.9
	設計・施工上の地質・地盤リスク留意点	●	●	●	●	●	●	●	●	2.2.8
	維持管理上の地質・地盤リスク留意点	●	●	●	●	●	●	●	●	2.2.9
	地質・地盤モデル属性や地質・地盤データ・モデル間のリンク	●	●	●	●	●	●	●	●	アニメーション必要

※ドラフトモデルで不陸や不連続性をチェックする

 ：本編で紹介しているモデルの利活用場面

出典：「3次元地質解析マニュアル Ver3.0（Ver.3.0.1）」（3次元地質解析技術コンソーシアム）

2.1 留意すべき地形・地質の把握・可視化

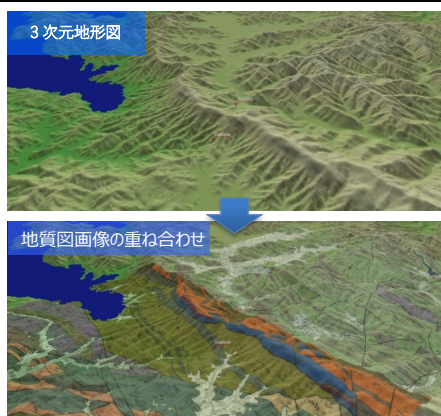
(1) 活用内容

調査、設計段階では、3次元的な表現（可視化）を行うことで、地質断面図などの2次元表現に比べ必要な場所の地質区分を誰でも容易に確認でき、本体構造物と基礎地盤との位置関係把握も容易となる。

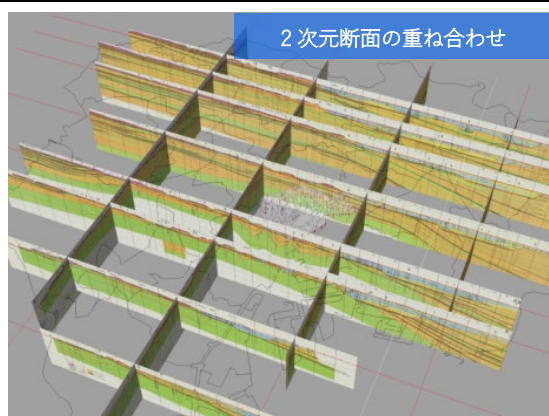
破碎帯、強風化岩、湧水、高透水帯等のような留意すべき地形・地質を容易に把握できるようにすることで、地質・地盤リスクをより明確にし、関係者間協議や情報共有、施工、維持管理段階への提言に活用できる。

(2) 活用事例

ボーリングデータや調査データから作成した地質断面図や調査結果図を重ねたモデル（準3次元地質断面図モデル等）を作成して3次元的に可視化を図り、留意すべき地形・地質を把握し、地質・地盤リスクを明示化する。



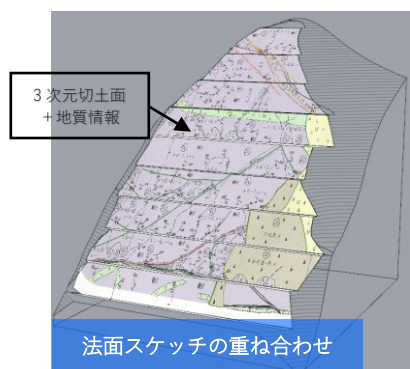
（準3次元地質平面図）



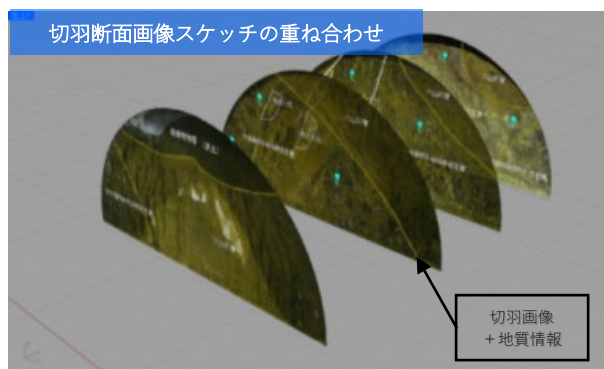
（準3次元地質断面図）

図 3-3 留意すべき地形・地質の把握例（可視化の例）

出典：「3次元地質解析マニュアル Ver3.0（Ver.3.0.1）」（3次元地質解析技術コンソーシアム）



（切土法面のスケッチを表示した例）



（トンネル切羽画像に地質情報を表示した例）

図 3-4 留意すべき地形・地質の把握例（調査結果の可視化例）

出典：「3次元地質解析マニュアル Ver3.0（Ver.3.0.1）」（3次元地質解析技術コンソーシアム）

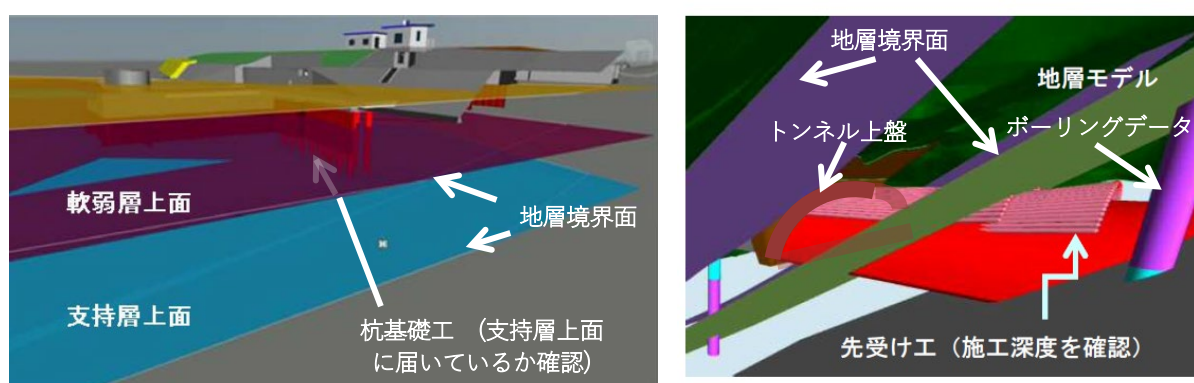
2.2 基礎地盤と構造物の位置関係の確認

(1) 活用内容

調査・設計段階又は施工段階においても、地質調査に基づいて作成した地質・土質モデル（サーフェスモデル・ソリッドモデルなど）を用いることにより、基礎地盤と杭・基礎構造物と支持層の関係を視覚的かつ容易に確認することができる。

(2) 活用事例

従来の 2 次元設計による地質断面図では、トンネルを施工する際の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、地質・土質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。



出典：日本建設業連合会 「2016 施工 CIM 事例集」

図 3-5 基礎地盤と構造物との位置関係の把握例(杭基礎構造物・トンネル)

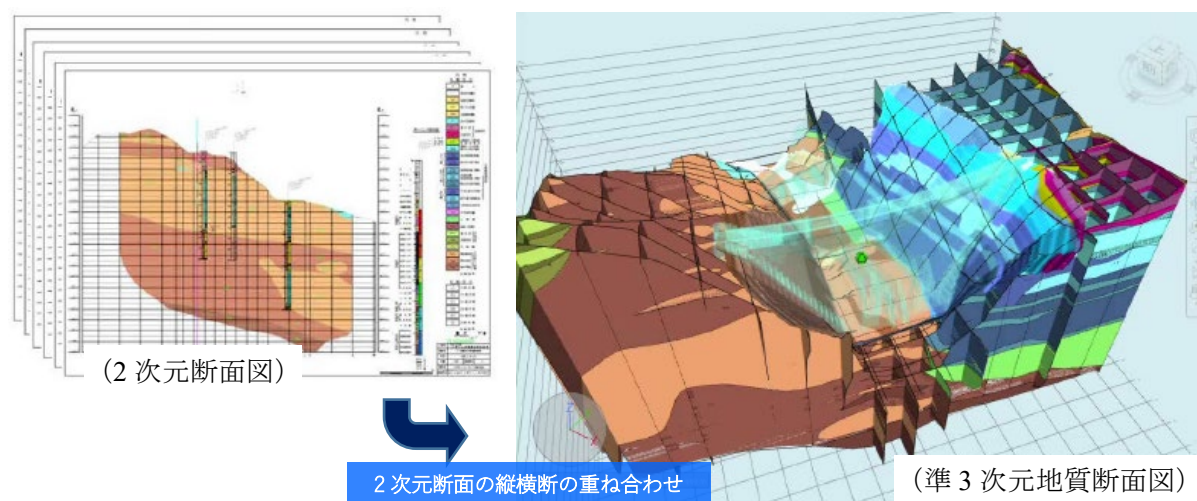


図 3-6 基礎地盤と構造物との関係把握例（ダム堤体）

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

2.3 基礎地盤の岩盤分類（地山分類）評価の確認

（1）活用内容

調査、設計段階において、地質調査に基づいて作成した地質・土質モデル（サーフェスモデル・ソリッドモデルなど）を用いることにより、岩盤分類、地山分類に基づいた地盤評価の連続性や分布を視覚的に確認することができる。

（2）活用事例

従来の2次元設計による地質断面図やコンター図では、対策工や施工計画に不足が生じる恐れがあるのに対し、地質・土質モデルの作成によって、工学的評価及び地質・地盤リスクを空間的に把握したうえで、掘削線、改良範囲、断層（弱層）分布、支保パターン、補助工法等の対策工施工範囲を可視化することで、適切で効率的な設計、施工計画に活用できる。

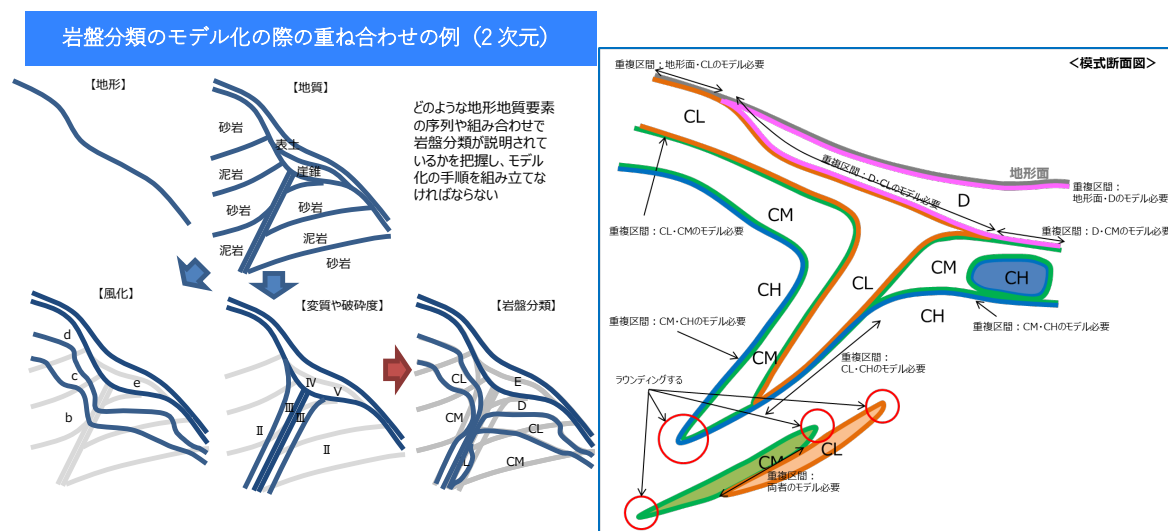


図 3-7 岩盤分類(地山分類)の構成検討例(2次元)

出典：「3次元地質解析マニュアル Ver3.0（Ver.3.0.1）」（3次元地質解析技術コンソーシアム）

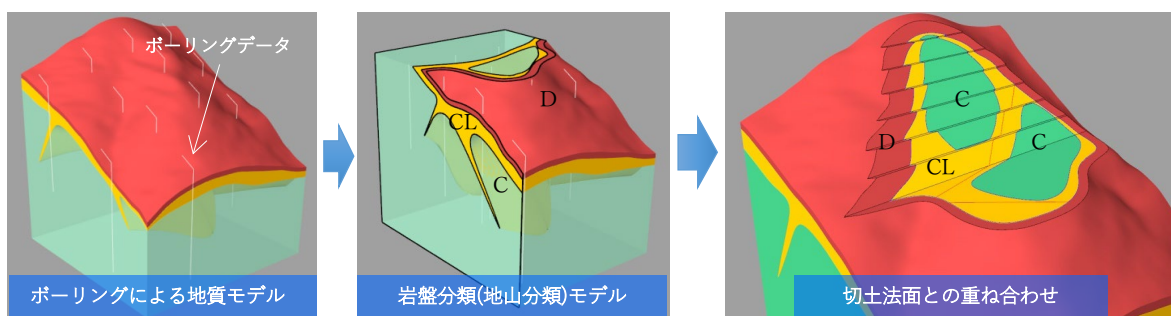


図 3-8 岩盤分類(地山分類)の把握例(3次元)（ソリッドモデルによる岩盤分類の例）

出典：「3次元地質解析マニュアル Ver3.0（Ver.3.0.1）」（3次元地質解析技術コンソーシアム）

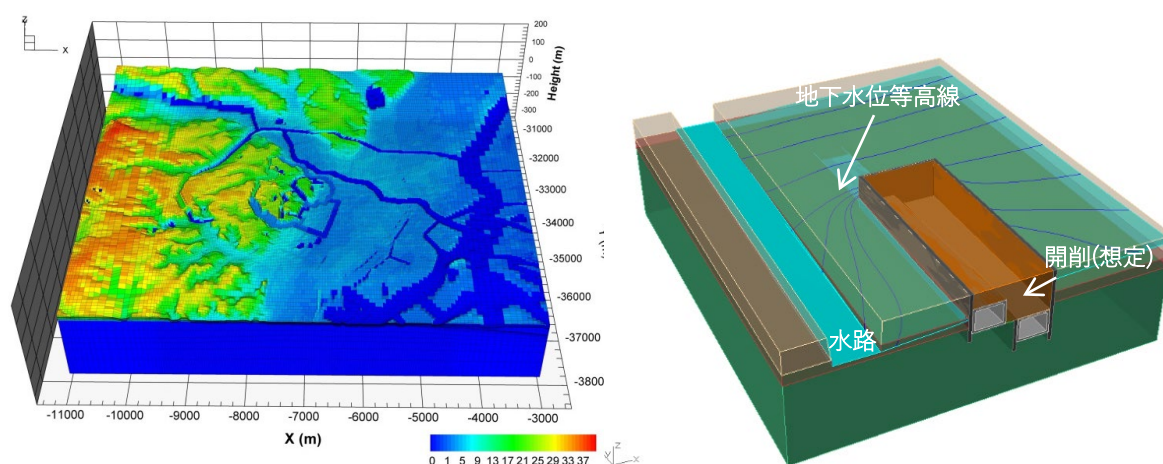
2.4 地下水面の位置関係の確認

(1) 活用内容

調査、設計段階において、ボーリング孔内水位や周辺湧水点等に基づいて作成した地下水面モデル（サーフェスモデルなど）を用いることにより、地下水面ポテンシャル分布を視覚的に確認することができ、水文解析や設計施工計画に活用できる。

(2) 活用事例

従来の2次元設計による水理地質断面図や地下水コンター図では、構造物の干渉や地下水阻害、地下水影響評価等の解析や地すべり対策工、湧水予測、井戸配置計画等に不足が生じる恐れがあるのに対し、地質・土質モデルの作成によって、工学的評価及び地質・地盤リスクを空間的に把握したうえで、影響評価や対策工施工範囲を可視化することにより、適切で効率的な設計、施工計画に活用できる。



3次元地下水解析メッシュモデルの例

開削施工時における地下水流動予測の可視化の例

図 3-9 地下水面の把握

出典：「3次元地質解析マニュアル Ver3.0 (Ver.3.0.1)」(3次元地質解析技術コンソーシアム)

2.5 住民説明、関係機関協議

(1) 活用内容

設計、施工段階において、利害関係者に対し説明責任を果たす必要がある。地下情報や構造物等の位置関係を地質・土質モデルを用いることで視覚的に分かりやすくすることにより、住民説明や関係機関協議に活用できる。

(2) 活用事例

地質・土質モデルの作成によって、目に見えない地表面下の地質や工学的評価及び地質・地盤リスクを空間的に把握したうえで、影響評価や施工状況、地盤変状等を可視化し、その関連性を分かり易く表現する事で、一般市民を始め関係者間での理解促進につながる。

表 3-2 利害関係者に掲示する資料の比較例

行政関係者	工事関係者	一般市民
地形面（崩壊前後） 調査ボーリングデータ 各種試験データ 地質解釈図面 全地質境界面 対象地質（設計時想定と崩壊後調査時） 地下水位面 掘削面および立坑 土留め壁（崩壊前後） 切ばり 地盤沈下量 土留め壁変位量	地形面（崩壊前後） 調査ボーリングデータ 各種試験データ 対象地質（設計時想定と崩壊後調査時） 地下水位面 掘削面および立坑 土留め壁（崩壊前後） 地盤沈下量 土留め壁変位量	地形面（崩壊前後） 対象地質（設計時想定と崩壊後調査時） 土留め壁（崩壊前後）

表 3-3 地質・土質モデルの3次元アウトプット・成果品例

行政関係者	工事関係者	一般市民
ボーリングモデル 準3次元図面 サーフェスモデル テクスチャモデル 時系列でのソリッドモデル（設計時想定、掘削レベル毎、崩壊後等） 観測結果の可視化 アニメーション	ボーリングモデル 準3次元図面 サーフェスモデル テクスチャモデル 時系列でのソリッドモデル（設計時想定、掘削レベル毎、崩壊後等） 観測結果の可視化 アニメーション	サーフェスモデル テクスチャモデル 時系列でのソリッドモデル（設計時想定、崩壊後等） アニメーション

出典：「3次元地質解析マニュアル Ver3.0（Ver.3.0.1）」（3次元地質解析技術コンソーシアム）

2.6 数値解析

(1) 活用内容

調査、設計段階において、地質・土質モデル（ソリッドモデルなど）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。

(2) 活用事例

地質・土質モデルの作成によって、地質構造や工学的属性及び構造物、対策工等の空間的分布に応じた 3 次元数値解析を行うことにより、影響評価や地盤変状、対策工効果等を効果的に把握する事が可能となり、効率的かつ的確な設計・施工に活かすことができる。

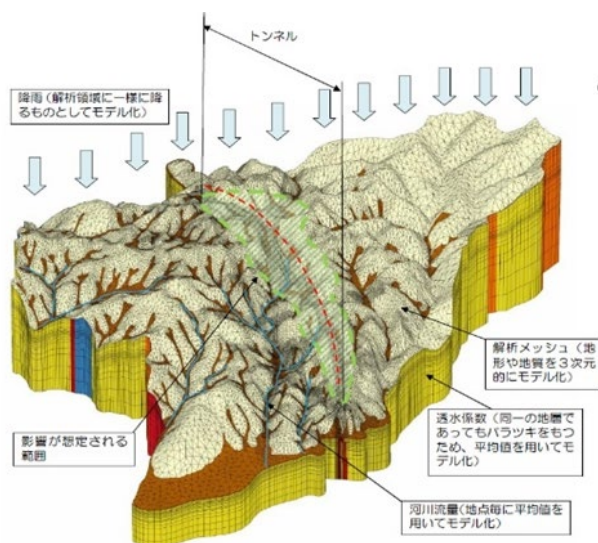


図 3-10 トンネルにおける 3 次元浸透流解析（トンネル掘削による地下水影響範囲把握）の例

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）

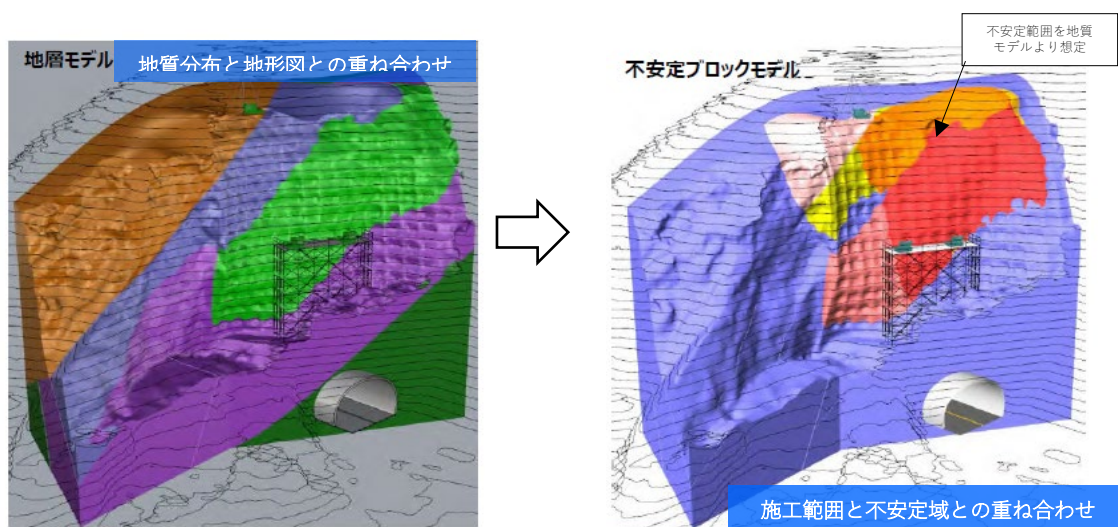


図 3-11 トンネルにおける岩盤崩壊を対象とした 3 次元地盤解析の例

出典：「3 次元地質解析マニュアル Ver3.0 (Ver.3.0.1)」(3 次元地質解析技術コンソーシアム)

2.7 数量算出

(1) 活用内容

設計施工段階において、地質・土質モデル（ソリッドモデル・サーフェスモデルなど）を用いることにより地質・土質別の数量算出に活用できる（「土木工事数量算出要領（案）（国土交通省）」に準拠）。

(2) 活用事例

地質・土質モデル（ソリッドモデル・サーフェスモデルなど）を用いることにより地質・土質別の数量算出に活用できる。なお、地質・土質モデルを活用し算出した数量と、平均断面法で算出した数量には差異が生じる可能性があり留意が必要である。このため、地質・土質モデルをどの様に活用するかについては発注者等と十分協議し活用する必要がある。

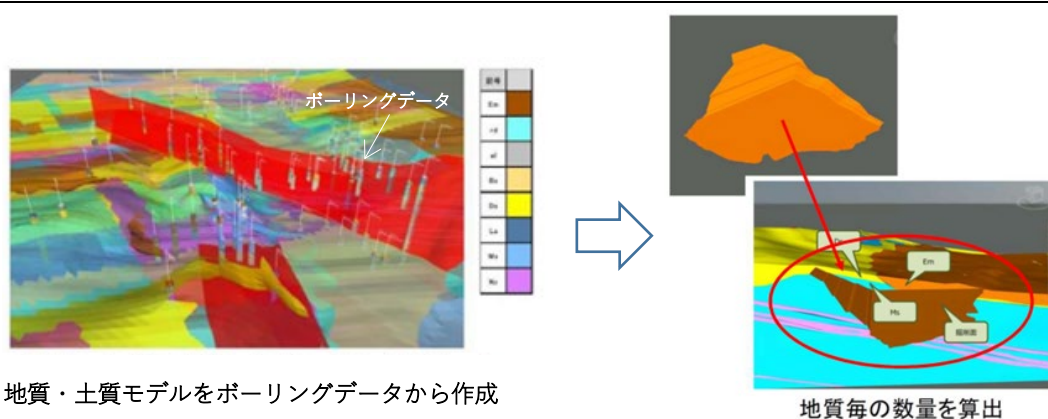


図 3-12 土構造物の数量算出に用いる地質・土質モデル例（サーフェスモデル等）

出典：北陸地整「BIM/CIM 事例集 平成 29 年」

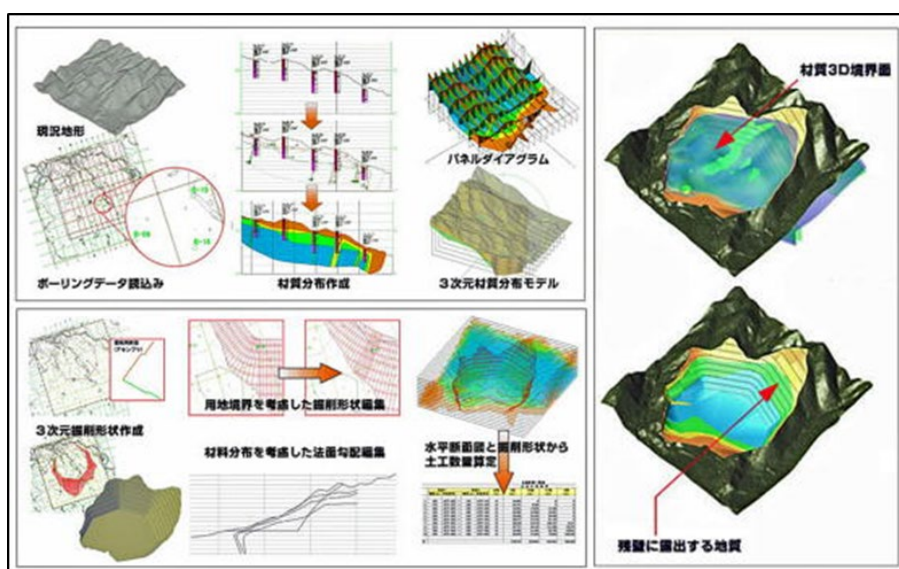


図 3-13 地質・土質モデルを用いた数量算出の例（ソリッドモデル）

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

2.8 施工計画・地盤改良範囲の設定

(1) 活用内容

設計施工段階において、地質・土質モデル（ソリッドモデル・サーフェスモデルなど）を活用することにより、地盤改良の範囲設定や施工計画に活用できる。

(2) 活用事例

地すべり対策のための集水ボーリングの配置や、ダム基礎処理範囲の把握など、地質・土質モデル（ソリッドモデル・サーフェスモデルなど）を活用する事で、的確な集水ボーリングの配置設計や基礎処理範囲の設定などに活用できる。

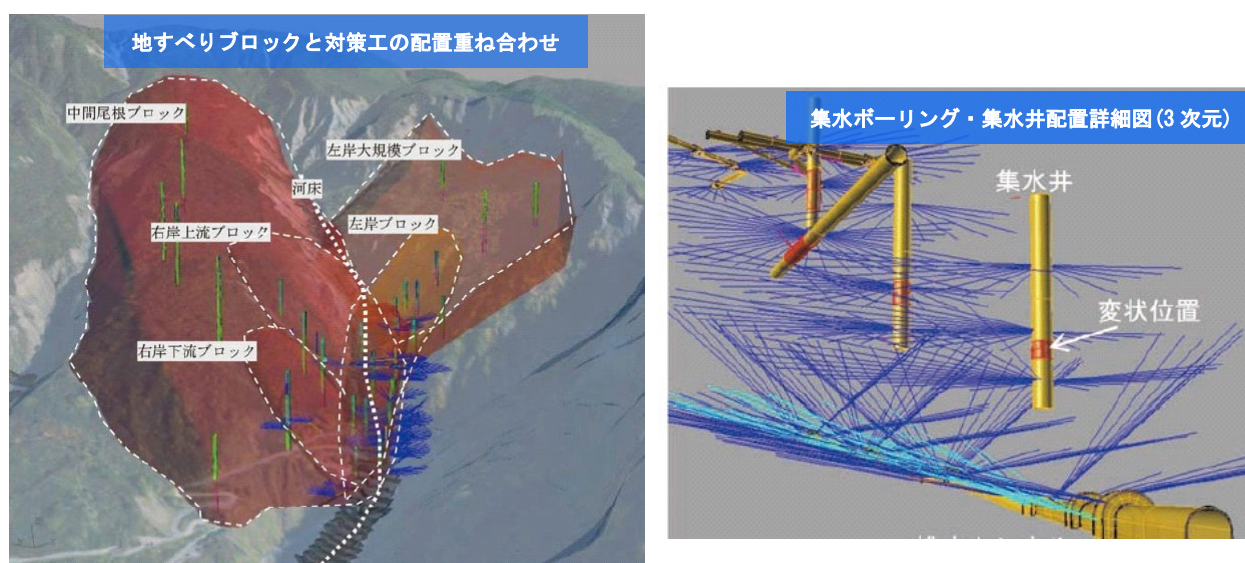


図 3-14 地すべり対策工配置設定の事例

出典：「3次元地質解析マニュアル Ver3.0 (Ver.3.0.1)」(3次元地質解析技術コンソーシアム)

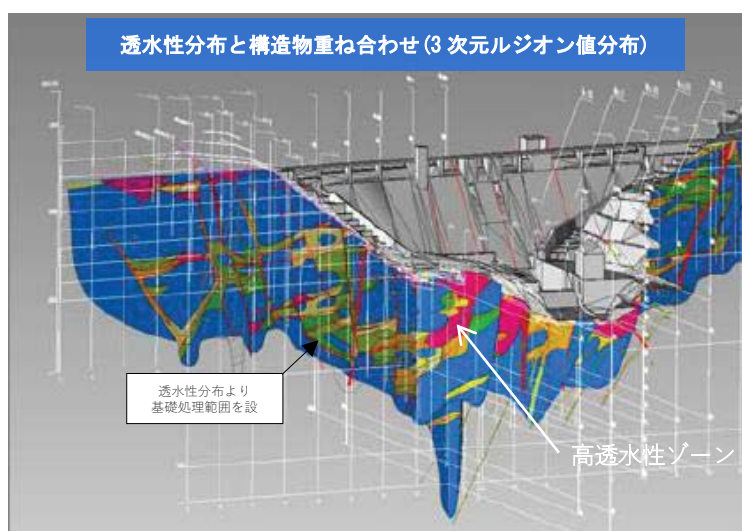


図 3-15 ダムの基礎処理範囲（ルジオンマップ）の例）

出典：3次元システムによるダム情報管理（（横川ダム管理支所）国土交通省 北陸地方整備局 HP）

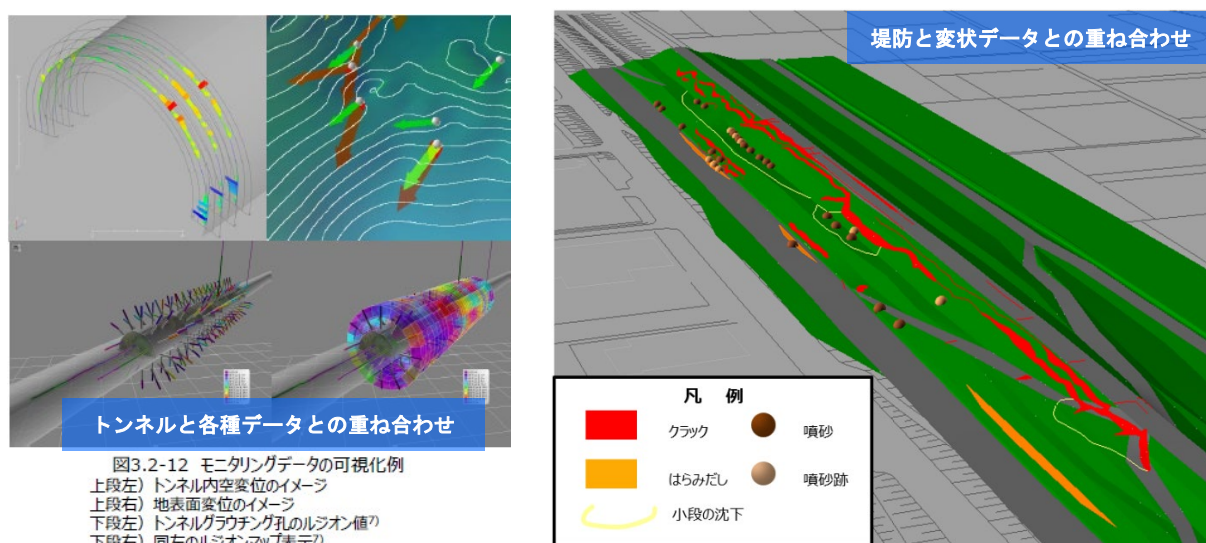
2.9 施工時の安全確認・維持管理での利用

(1) 活用内容

施工段階及び維持管理段階において、動態観測や被害情報等の地質・地盤リスク情報の表示・確認に活用できる。

(2) 活用事例

モニタリングデータの可視化や被災箇所を地質・土質モデルと合わせて表示する事で、変状や被災状況などの把握や、素因・誘因などの検討、維持管理に活用できる。

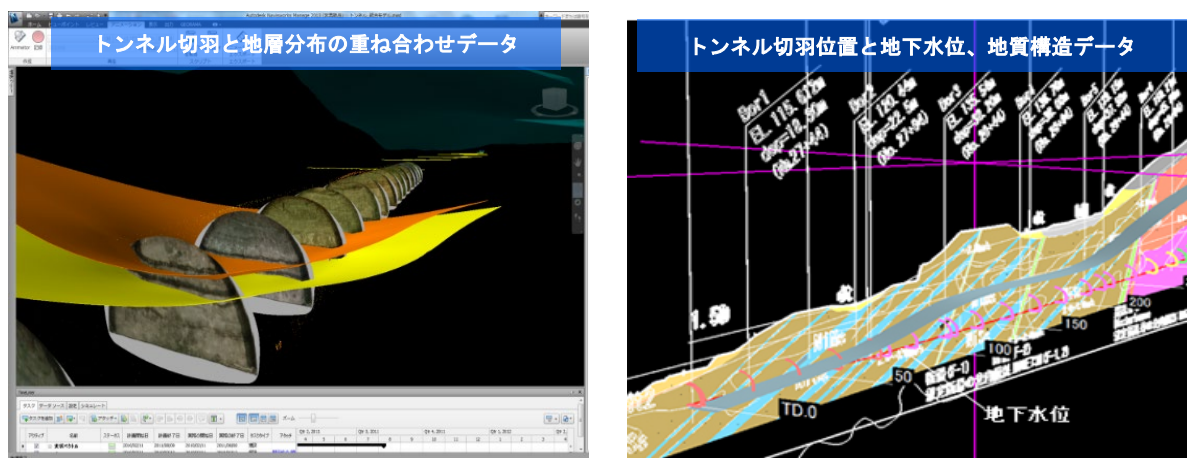


(モニタリングデータの可視化例 (トンネル))

(被災箇所情報の表示例 (河川堤防))

図 3-16 施工・維持管理での利用例

出典：「3次元地質解析マニュアル Ver3.0 (Ver.3.0.1)」(3次元地質解析技術コンソーシアム)



提供：株式会社大林組

提供：株式会社安藤・間

図 3-17 維持管理での活用例 (トンネル地山情報 (地層、切羽)、地下水位の可視化例)

2.10 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 3-4 に示す。

表 3-4 地質・土質モデルの活用時の留意事項

種 類		留 意 事 項
全 般		・モデル作成に使用する地形データは、データを取得した“点”の情報から地形面やメッシュのデータを作成するため、調査地点の標高と合致しない場合がある事に留意する。 ・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その精度は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、計画、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する。
ボー リン グ モ デ ル	調査結果 モデル	・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	・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用データ、電子簡略柱状図を利用する場合も含む）。
盤 準 モ 3 デ 次 ル 元 地	テクスチャモ デル（準3次元 地質平面図）	・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		・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・土質モデルの作成

3.1 モデルの基本構成

3.1.1 BIM/CIM モデルの構成

BIM/CIM モデルは、構造物等の形状を 3 次元空間に表現した「3 次元モデル」、「属性情報」及び「参照資料」を組み合わせたものから構成される。

【解説】

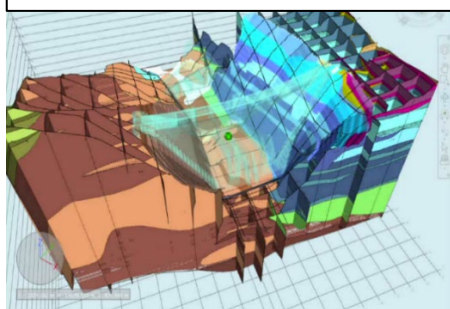
地質・土質調査業務の実施時又は設計・施工中に作成される地質・土質モデルの標準的な構成例について記載する。

表 3-5 地質・土質モデルの構成

構成要素	説明
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。 地質・土質モデルでは、ボーリングモデル、準 3 次元地盤モデル、3 次元地盤モデルなどが該当する。
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。 地質・土質モデルでは、地層・岩体区分、地質時代、深度、物理・力学特性、凡例（着色）、モデル作成の考え方等を整理した一覧表などが該当する。
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。 地質・土質モデルでは、3 次元モデル作成の基となるボーリング柱状図、地質断面図、試験結果報告書などが該当する。

3 次元モデル

ボーリングモデル、準 3 次元地盤モデル、3 次元地盤モデルなど



属性情報

地層・岩体区分、深度、地質時代、物理・力学特性等を整理した一覧表など

ID	ボーリング名	地質	深度	北緯	東経	傾斜	方位	経度	緯度	XML	物性1	物性2
1	1 NO-5	AA	010.000	256.1884	54.975	50	0	0 139/56/12	36/6/8	xmlDATAWEBED...	0.5	1.5
2	2 NO-5	BB	310.000	256.1884	54.975	50	0	0 139/56/12	36/6/8	xmlDATAWEBED...	0.2	1.2
3	3 NO-5	CC	310.000	256.1884	54.975	50	0	0 139/56/12	36/6/8	xmlDATAWEBED...	0.3	1.3
4	4 NO-5	DD	310.000	256.1884	54.975	50	0	0 139/56/12	36/6/8	xmlDATAWEBED...	0.3	1.3
5	5 NO-4	AA	570.392	585.0294	88.444	20	0	0 139/56/22	36/6/18	xmlDATAWEBED...	0.5	1.5
6	6 NO-4	BB	570.392	585.0294	88.444	20	0	0 139/56/22	36/6/18	xmlDATAWEBED...	0.2	1.2
7	7 NO-4	CC	570.392	585.0294	88.444	20	0	0 139/56/22	36/6/18	xmlDATAWEBED...	0.3	1.3
8	8 NO-3	AA	679.970	480.6972	88.054	20	0	0 139/56/27	36/6/15	xmlDATAWEBED...	0.5	1.5

参照資料

3 次元モデル作成の基となるボーリング柱状図、地質断面図など



図 3-18 BIM/CIM モデルの構成例（地質・土質モデルの例）

3.1.2 地質・土質モデルの種類

地質・土質分野の BIM/CIM モデル（地質・土質モデル）は、ボーリング柱状図、地質平面図、地質断面図等の地質・土質調査の成果やそれらを基に作成した地層の境界面等の CAD データを 3 次元空間に配置したモデルである。

【解説】

地質・土質モデルの主な種類として、次のものがある。

- ・ ボーリングモデル（調査結果モデル、推定・解釈モデル）
- ・ 準 3 次元地盤モデル（テクスチャモデル（準 3 次元地質平面図）、準 3 次元地質断面図）
- ・ 3 次元地盤モデル（サーフェスモデル、ソリッドモデル（B-Reps、ボクセルモデル、柱状体モデル））。

表 3-6 地質・土質モデルの種類と概要（ボーリングモデル）

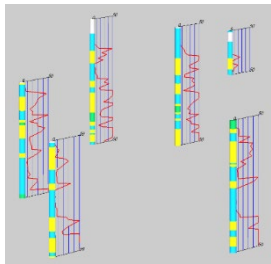
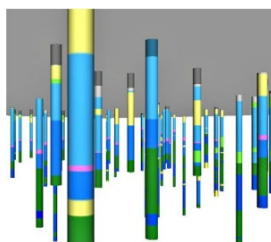
種類	概要
ボーリングモデル	地質・土質調査業務で作成されたボーリング柱状図や土性図等から作成される BIM/CIM モデルで、ボーリング孔口の座標値（経緯度、孔口標高）、削孔角度・方位、総削孔長等の各種データを基にして作成される。ボーリングモデルは地質・土質を表す柱状体ソリッドからなるオブジェクトを 3 次元空間上に配置することで一般的に表現されるが、2 次元の電子簡易柱状図を 3 次元空間上に配置したモデルも存在する。
調査結果モデル	ボーリング柱状図に記載された工学的地質区分名・現場土質名といった地質・土質情報そのものを BIM/CIM モデルにしたもの。 
推定・解釈モデル	地質学的・地盤工学的解釈を加えた地層区分（地層名）に基づいて作成される BIM/CIM モデルである。 

表 3-7 地質・土質モデルの種類と概要（準 3 次元地盤モデル）

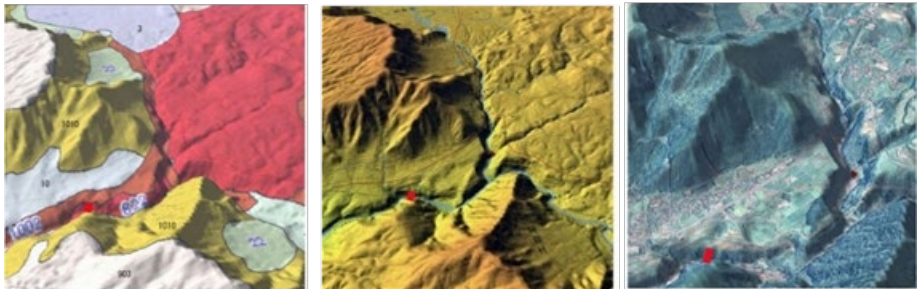
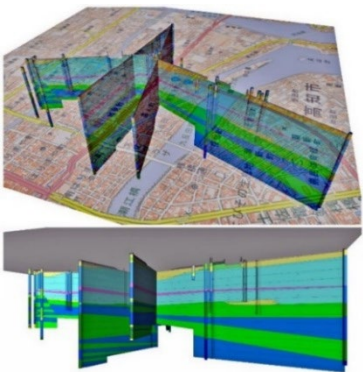
種類	概要
準 3 次元地盤モデル	地質・土質調査成果である地質平面図や地質断面図等を 3 次元空間に配置した BIM/CIM モデルである。
テクスチャモデル(準 3 次元地質平面図)	3 次元地形サーフェスに地質平面図やオルソ空中写真等を貼り付けて作成するモデルで、準 3 次元地質平面図ともよばれる。貼り付ける 2 次元図面は、JPEG や TIFF 形式の画像データであるラスターデータ、又は CAD オブジェクトであるベクターデータ（点、ライン、ポリゴン多角形）の 2 種類がある。 なお、作成するソフトウェアによっては、ベクターデータを 3 次元地形モデルに投影できないものもあるので注意を必要とする。  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
準 3 次元地質断面図	2 次元図面である地質断面図等を平面図上の断面線に沿って 3 次元空間に配置した BIM/CIM モデルである。トンネル調査業務等では、地山の弾性波速度分布断面図や比抵抗分布図といった物理探査による 2 次元図面を準 3 次元地質断面図として利活用されている。 準 3 次元地質断面図で用いられる 2 次元図面は、ラスターデータとベクターデータの両方が利用されるが、注意点として断面線の長さや断面図の長さが正確に合うこと、断面図に折れ曲がりがある場合、折れ曲がり点が断面図の配置と合致していることを事前に確認する必要がある。また、基となる 2 次元の地質断面図が水平方向に対して鉛直方向のスケールが異なる場合は、適切な縮尺を選んだ上でモデルを作成する必要がある。 

表 3-8 地質・土質モデルの種類と概要（3次元地盤モデル①）

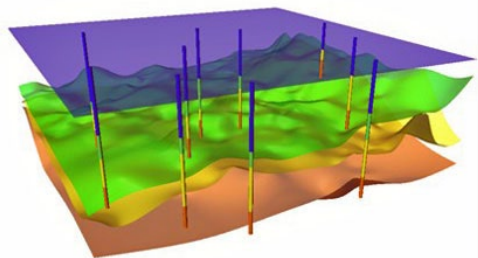
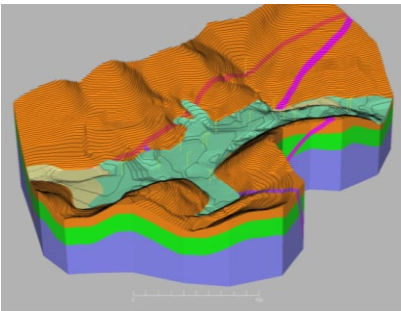
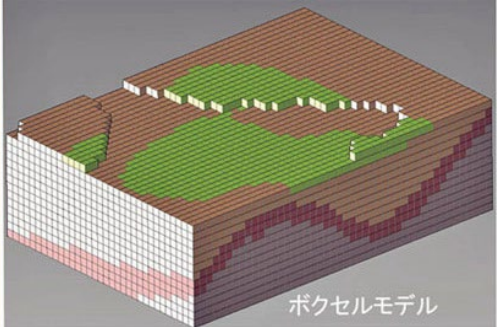
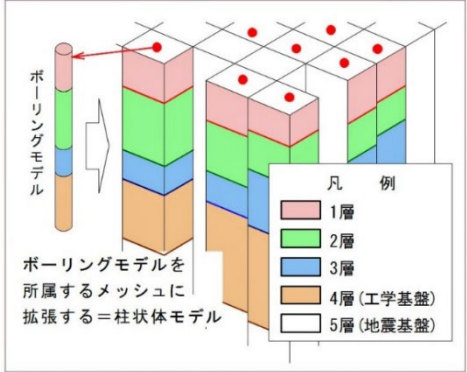
種類	概要
3次元地盤モデル	地質・土質調査業務で作成された複数のボーリング柱状図や地質平面図・地質断面図等を基に作成される BIM/CIM モデルである。
サーフェスモデル	地層や岩盤分類、土軟硬区分などの境界面を表現したモデルである。サーフェスモデルは、地表踏査やボーリング等から直接的な境界面の情報が得られている箇所以外の範囲では、地質学的な解釈（地質・地盤技術者が作成した地質断面図における地層境界線）や地層層厚等のコンター図、あるいは数学的・統計的な計算処理（空間補間アルゴリズム等）による推定であるため、不確実性を含んでいることに留意が必要である。 
ソリッドモデル	地層そのものを『立体』として表現するモデルとして使用される BIM/CIM モデルで、地層境界面をひとつの『面』として表現するサーフェスモデルに対し、側面部分にも境界面をもち、かつ内部の地質情報（属性情報）をもつ。
B-Reps	3次元空間上で上面・下面・側面等の境界面をもつ中空のソリッドとその内部の地質情報等を付加した属性情報を組み合わせたものから構成される。 B-Reps ソリッドはポリゴンメッシュソリッドと NURBS ソリッドの2種類が存在する。ポリゴンメッシュソリッドは、表面の境界面をポリゴンメッシュサーフェスで表現したものであり、NURBS ソリッドは表面の境界面を NURBS サーフェスで表現したものである。いずれも中空であり、イメージとしては中身の無い段ボールのような3次元形状を示す。 ※B-Reps（Boundary Representation：境界表現） 

表 3-9 地質・土質モデルの種類と概要 (3次元地盤モデル②)

種類	概要
3次元地盤モデル	地質・土質調査業務で作成された複数のボーリング柱状図や地質平面図・地質断面図等を基に作成される BIM/CIM モデルである。
ソリッドモデル	地層そのものを『立体』として表現するモデルとして使用される BIM/CIM モデルで、地層境界面をひとつの『面』として表現するサーフェスモデルに対し、側面部分にも境界面をもち、かつ内部の地質情報（属性情報）をもつ。
ボクセルモデル	「ボクセル (voxel)」とは「体積 (volume)」と「画素 (pixel)」を組み合わせた造語であり、コンピュータの2次元画像データが「pixel」で表される事に対して高さ情報を付加し、立体物の表現に用いられる立方体の最小単位を表している。このため、『地層を細かいボクセルの集合体』として表現したものを「ボクセルモデル」と呼んでいる。各立方体ソリッドには、地層情報や物性値等が属性情報として付与されている必要があり、「弾性波速度値」や「比抵抗値」等の物理探査結果や「岩級区分」や「岩盤分類」等の岩盤の評価情報を表現する際に用いられることが多い。 
柱状体モデル	XY 平面において地盤面を正方形のグリッド (セル) に細分し、深さ方向には地層や速度層を境界としたモデルで、柱状体 (直方体) の集合体により地層構成を表現したものである。柱状体モデルの上下の境界面はサーフェスモデルの境界面と一致する。柱状体モデルにおいても、地質情報や物性値等を属性情報として付与する必要がある。 

3.2 準3次元地盤モデル作成

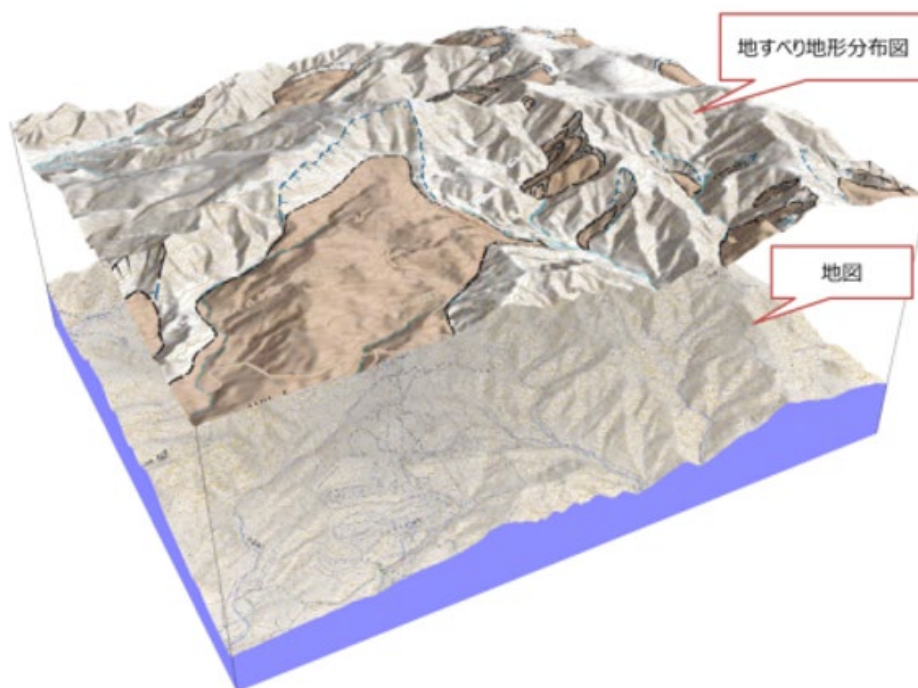
準3次元地盤モデルは、従来からの地質・土質調査業務における2次元の成果としての地質平面図及び地質断面図等を、地形データ等とともに3次元空間に配置したものである。

テクスチャモデル（準3次元地質平面図）は、3次元表現した地形面（地形データ）等に、既往の地質図や地質・土質調査業務で作成された地質平面図等を投影（貼付）して作成するモデルである。

準3次元地質断面図は、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3次元空間に配置したモデルである。

【解説】

テクスチャモデル（準3次元地質平面図）とは、3次元地形モデル等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。地形モデル等と、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（準3次元地質平面図）に貼り付けるデータは空中写真や既往の地質平面図などのラスターデータのほか、CAD等で作成した平面図等も取り扱うことができる（図3-19参照）。



地すべり分布図のラスターデータを地形サーフェスモデルに重ねた例

図3-19 地すべり分布の準3次元地質平面図の例

出典：「3次元地質解析マニュアル Ver3.0（Ver.3.0.1）」（3次元地質解析技術コンソーシアム）

準 3 次元地質断面図は、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 Z 座標方向の情報を付与し 3 次元空間に配置したものである（図 3- 20 参照）。

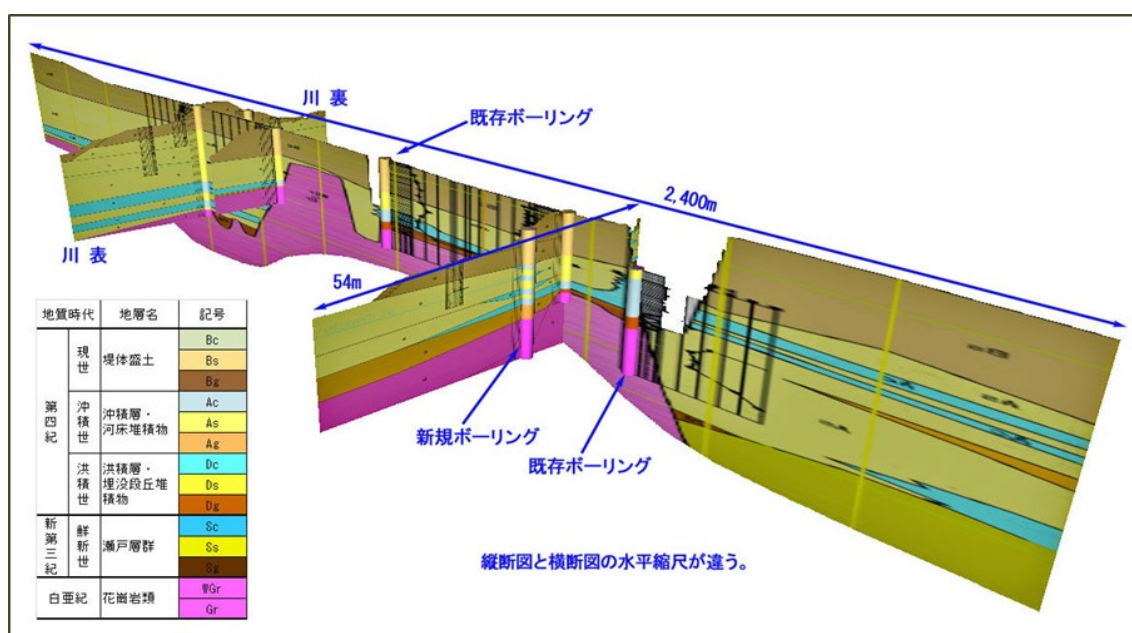


図 3- 20 河川堤防の準 3 次元地質断面図の例

出典：CIM 対応三次元地盤モデル委員会 第 3 回委員会資料

テクスチャモデル（準 3 次元地質平面図）の作成では、3 次元の地形データに 2 次元の地質図等データを貼り付けるため、貼り付ける地質平面図等に歪みやズレは発生する。このため、地質分布の位置など整合性を確認しながら地質図等のデータを修正（補正）し、適正なモデルを作成する。

準 3 次元地質断面図を作成する場合は、断面図の座標（位置）、クロスする断面図間の整合性等を確認し作成を行う。ボーリングモデルを準 3 次元地盤モデル上に配置・表示する場合についても同様の確認を行う。

準 3 次元地盤モデルの作成プロセスにおける詳細については、モデル作成の目的に伴う必要性に応じて、「3.3.1 モデリング計画」「3.3.2 資料収集・整理と 3 次元データ化」及び「4 成果品作成」「5 不確実性の引き継ぎ」「6 地質・土質モデルの照査」を参考に実施する。

3.3 3 次元地盤モデル作成

3 次元地盤モデル作成は、図 3-21 の基本的なワークフローにより実施する。その要所で品質確認を適切に行う。

【解説】

3 次元地盤モデルの作業段階に基づいた基本的なワークフローを図 3-21 に示す。

地質・土質モデルは、調査の質と量に応じた不確実性を含んでいる。調査データに応じて適切な手法を選択し、モデル化を行うなど、不確実性を含むことに留意しながら 3 次元地盤モデルの作成作業を進める。

また、地質・土質モデルを次の段階に継承する場合、モデルの利用者が不確実性を評価できるようにトレーサビリティを確保しておく必要がある。モデル化の各作業段階で、使用データやモデル化手法などを品質確認結果として記録しながら作業を進めることが重要である。

① モデリング計画

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

② 資料収集・整理と 3 次元データ化

モデル構築に必要な資料を収集、分類、整理し、座標情報を与えて 3 次元データ化する。十分なデータが揃った段階で、③3 次元地質解析を行う

③ 3 次元地質解析（3 次元地盤モデル作成）

③-1 データクロスチェック

データの 3 次元的なクロスチェックにより不適合を抽出し、修正するか棄却する。修正及び棄却の記録を残す。

③-2 地質対比

3 次元空間における地層の対比作業をおこなう。地質構造の情報が不十分な場合は、地質形成史や地質構造学等を考慮した補填データを追加する。

③-3 補間用データ作成

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

③-4 空間補間処理

空間補間アルゴリズムを適用し、3 次元地盤モデルを作成する。作成した 3 次元モデルの形状が地質学的に妥当なものかチェックする。

③-5 地質モデル構築

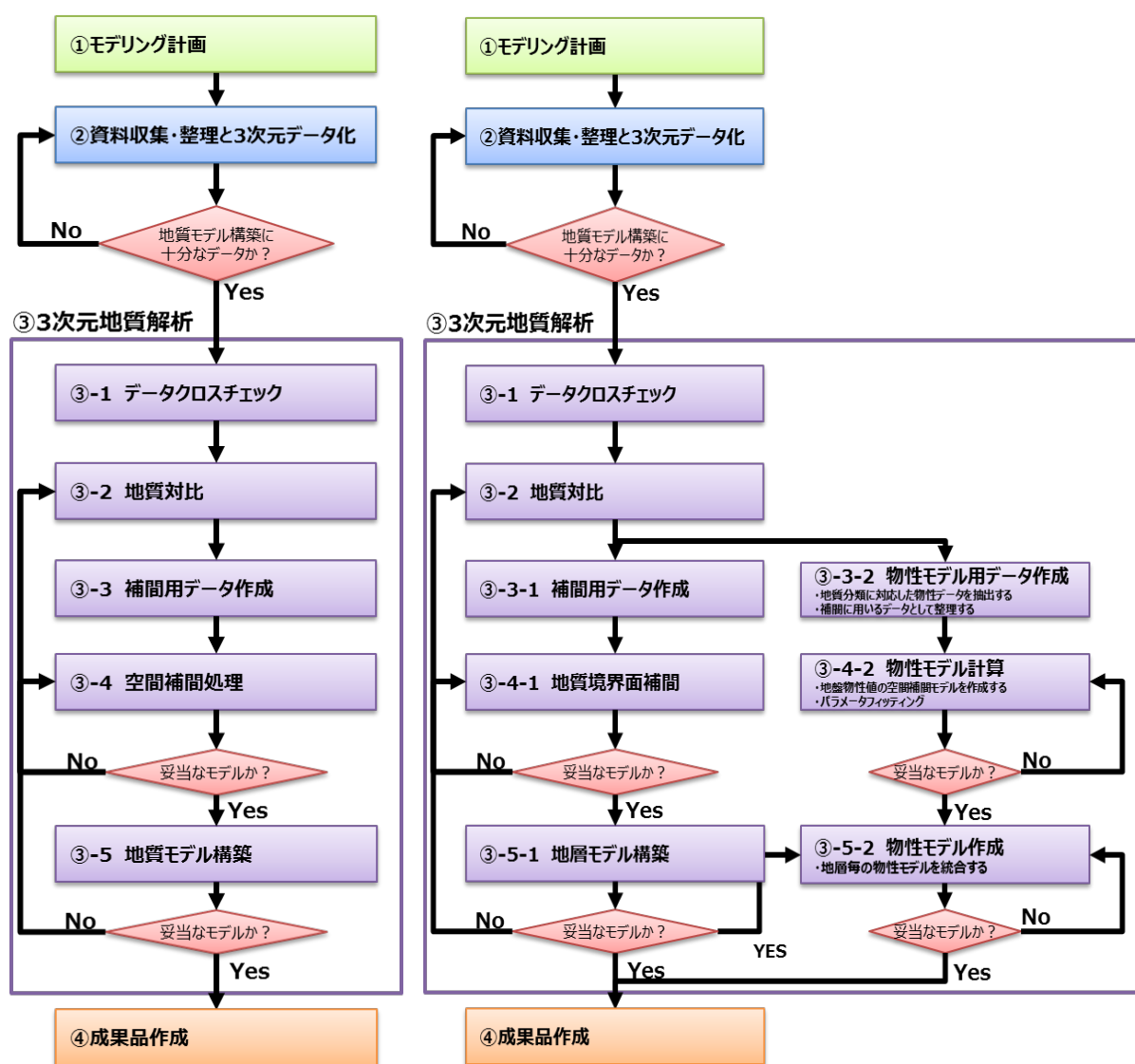
地質層序判定に基づき 3 次元地盤モデルを作成する。

必要に応じて地層ソリッドモデルやボクセルモデルを作成する。最終的に 3 次元地盤モデルの形状が地質学的に妥当なものかチェックする。

④ 成果品作成

構築した 3 次元地盤モデルを用いて、地質断面・平面図等の図面出力や、データ交換用の 3 次元モデル作成、3 次元可視化資料の作成、シミュレーション等に用いる二次利用データ出力等を行う。

なお、本ワークフローは、モデル化の目的・対象・成果品内容等により組み替えも可能である。参考に、液状化ハザードマップを作成する目的で、本ワークフローを拡張した例を図 3- 21（右）に示す。本フローでは 3 次元地盤モデルを作成した後に、物性情報を加えた 3 次元地盤モデルを構築する。



（左）基本的なワークフロー

（右）ワークフローの拡張例

図 3- 21 3 次元地質モデル構築のワークフロー

出典：「3 次元地質解析マニュアル Ver3.0 (Ver.3.0.1)」(3 次元地質解析技術コンソーシアム)

3.3.1 モデリング計画

モデル構築に先立ち、以下に留意してモデリング計画を立案する。

- (1) 「モデルの活用目的」の明確化
- (2) 「モデルの種類、対象範囲」の決定
- (3) 「付与する属性情報、参照資料」の決定
- (4) 「納品方法」の明確化
- (5) 「ソフトウェア」の選定

【解説】

事業の要求事項により、対象とする地質事象や作成するモデルの種類、作成方法が変わるため、作業着手前に作業計画を立て、モデル化の流れを示し、モデル作成・更新にかかる期間や費用について、受発注者間で協議を行うものとする。

(1) 「モデルの活用目的」の明確化

建設プロセスにおいて、3次元地盤モデルは、3次元可視化による地質・地盤リスクのコミュニケーションツール、地質解析の業務改善、3次元データ自体の利活用を目的として構築される。

モデルの活用（例）は、「2モデルの活用」に示しており、それらを参照する。

(2) 「モデルの種類、対象範囲」の決定

1) モデルの種類

3次元空間に表現した地質調査データは、電子データである3次元図形要素により構成される。地質調査データは単一の図形要素で表現する場合と、複合的に用いる場合がある。例えば、ボーリングの試験位置を点で、試験結果グラフを線で、ボアホール孔壁調査による不連続面構造をサーフェスで、柱状体を円柱等で表現する。利用目的によりこれらの図形要素を組み合わせる。地質調査データを3次元可視化した事例を図3-22に示す。

利用目的に応じてモデルの表現方法を決定する。例えば、地形面・境界面はサーフェスモデルで、地層はソリッドモデルで表現する。境界面や地層に割り当てられた物性は、サーフェス、ソリッドモデル、ボクセルモデルで表現する。3次元可視化事例を図3-23に示す。

モデルの活用場面と対応するモデルの種類は、「2モデルの活用」の表3-1を参照する。

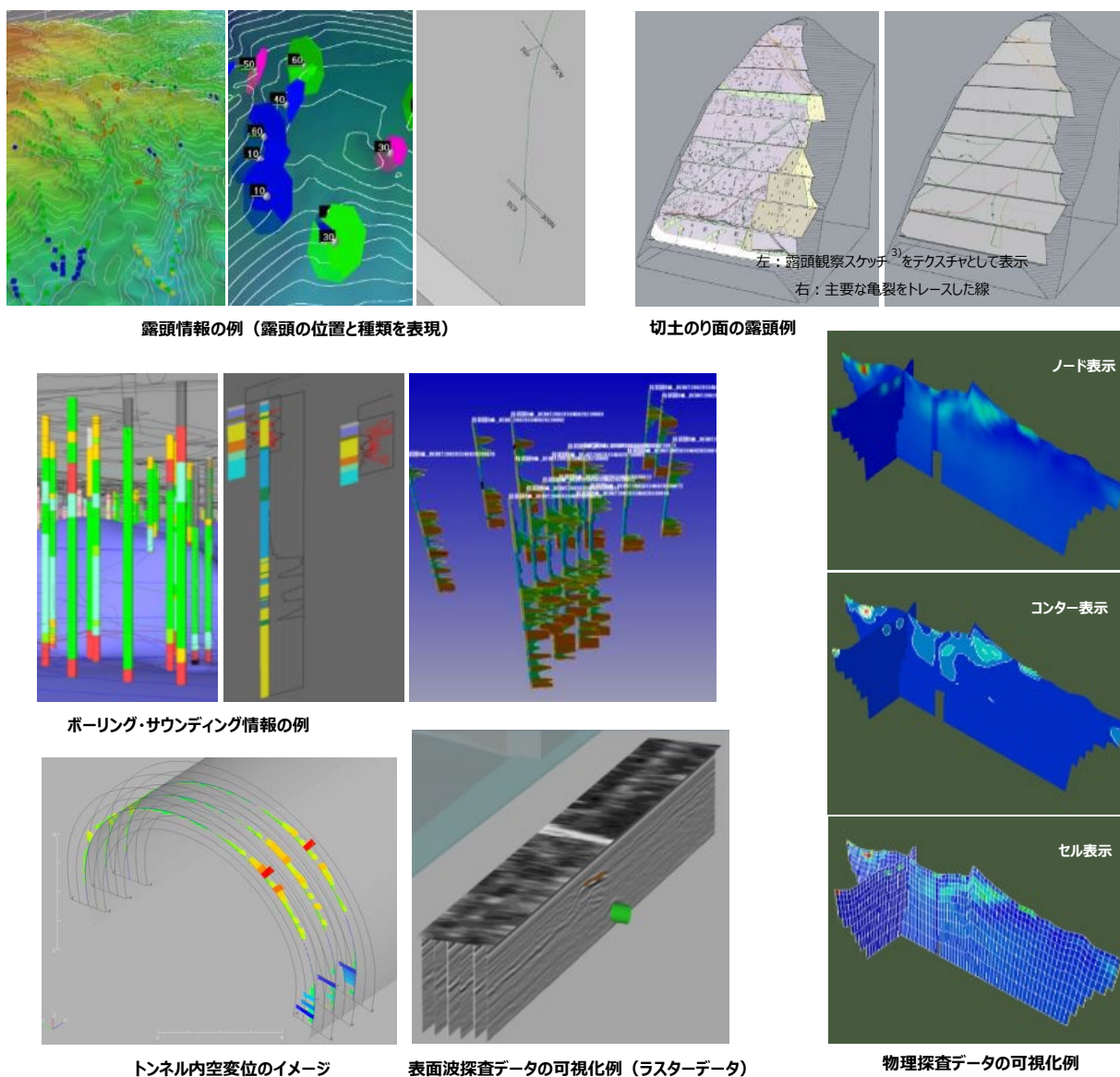
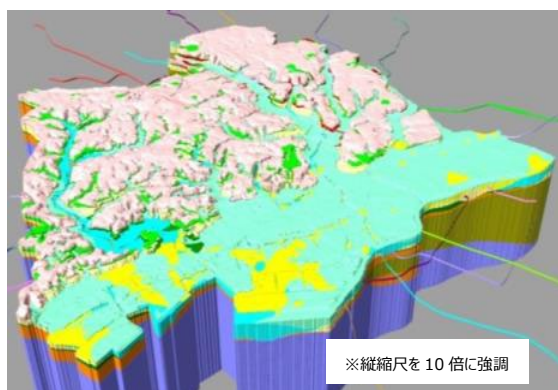
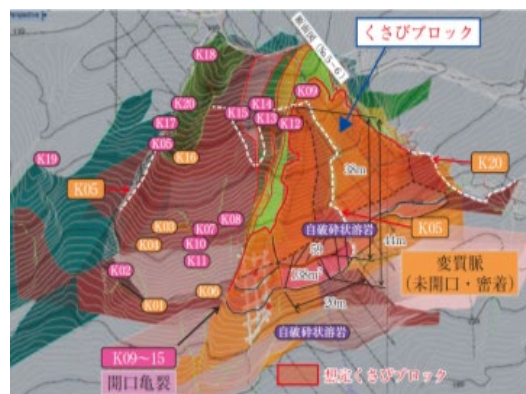


図 3-22 地質調査データを 3 次元可視化した例

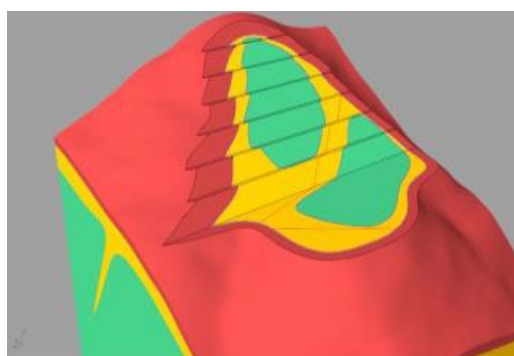
出典：「3 次元地質解析マニュアル Ver3.0 (Ver.3.0.1)」(3 次元地質解析技術コンソーシアム)



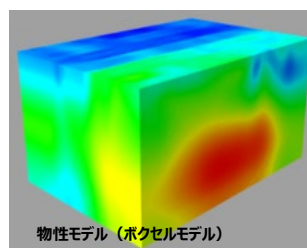
ボクセルモデルの例



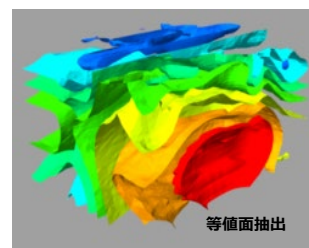
サーフェスモデルの例



ソリッドモデルの例

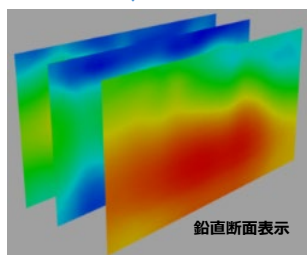


物性モデル (ボクセルモデル)

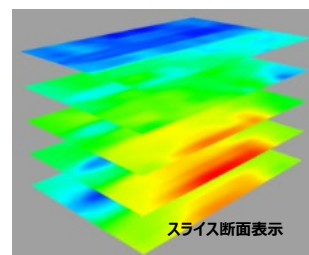


等値面抽出

等値面をサーフェスモデル作成に利用する場合もある



鉛直断面表示



スライス断面表示

物性モデルの例

図 3- 23 地質解析結果を 3 次元可視化した例

出典：「3 次元地質解析マニュアル Ver3.0 (Ver.3.0.1)」(3 次元地質解析技術コンソーシアム)

2) 対象範囲

補間計算を用いてモデルを作成する場合、入力データよりも外側の範囲（外挿処理範囲）ではモデルが発散するため、モデル作成範囲よりも広い領域を設定して、入力データを準備し補間計算することが望ましい（図 3-24）。

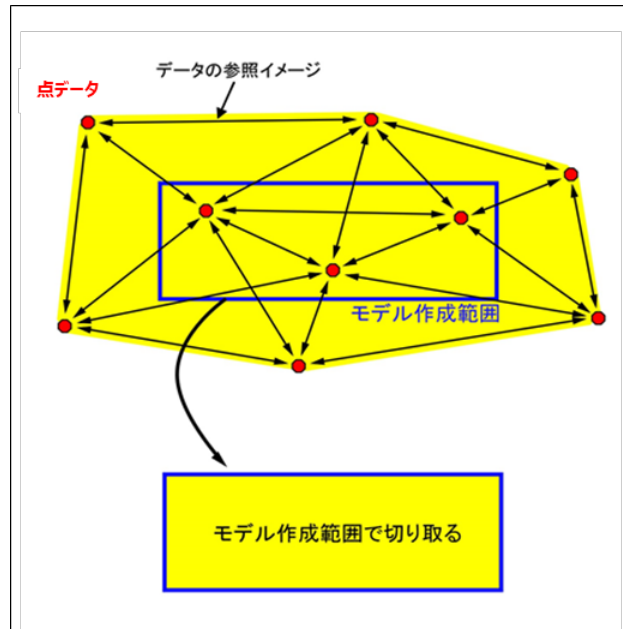


図 3-24 モデルの作成範囲

出典：「3次元地質解析マニュアル Ver3.0（Ver.3.0.1）」（3次元地質解析技術コンソーシアム）

(3) 「付与する属性情報、参照資料」の決定

建設プロセスの各段階において 3 次元地盤モデルを利活用するためには、属性情報や参照資料の付与は不可欠である。また、3 次元地盤モデルの不確実性は、入力データの品質や情報量に依存するため、属性情報や参照資料を利用して、構築された 3 次元地盤モデルの作成方法や判断基準を示す必要がある。

後工程でのデータ利活用、不確実性、地質・地盤リスクの引継ぎ等を考慮して、付与する属性情報、参照資料を決定する。

(4) 「納品方法」の明確化

「地質・土質モデル」以外に、モデル構築時に編集した「地形モデル」、「広域地形モデル」なども納品対象となる。また、モデルに付与する属性情報、参照資料なども納品対象となる。

作成するモデルの対象、種類、付与する属性情報などを踏まえて、納品対象や納品方法を明確化する。

(5) 「ソフトウェア」の選定

3次元地盤モデルを構築する専用ソフトウェアは、目的とするモデル作成に適したソフトを選定する。単体のソフトを活用しモデルを作成するほか、複数のソフトを連携させてモデルを作成することもある。

3次元地盤モデル等の作成ソフトウェア情報は「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)」を参照する。

3.3.2 資料収集・整理と3次元データ化

3次元地盤モデル構築に際して、必要な資料を収集・整理する。収集対象は、地形データ、ボーリングデータ、各種図面データ、調査報告書、文献資料等多岐にわたる。3次元地盤モデルのトレーサビリティを考慮し、収集した資料について、モデル作成に利用できる品質かどうかを確認し、品質確認の記録も残すことが望ましい。利用するデータは、専用ソフト等にて3次元データ化をおこなう。

【解説】

3次元地盤モデルの構築には、客観的なデータを優先的に用いる。3次元地盤モデル作成に直接利用する地質調査データには、A) ボーリングデータ、B) ルートマップ※、C) 地質平面図、D) 地質断面図などがある。客観性の観点からこれらの情報に優先順位を付けるとすれば、「A>B>C>D」のような序列が考えられる。ボーリングデータやルートマップの情報は地質解釈をおこなう際の一次データであり、客観性が高い。

以下に、収集対象データの見方、入力データの品質チェック方法、品質確認記録方法、入力データの3次元データ化について解説する。

※ルートマップ：地質踏査等の際、踏査ルートの方頭における地層・岩質などの特徴や走向・傾斜などを記入した地図

(1) 収集対象データの見方・留意点

1) 地形データ

地形モデルは、地質調査データを3次元で利用する際に重要な基図になる。地形モデルを作成するためのデータには、等高線、DEM (digital elevation model)、レーザ測量データ等がある。地形データの利用上の留意点を示す。

① 等高線

等高線から地形モデルを作成するには、等高線に標高値の属性が割り当てられている必要がある。また、データがどのように作成されたものか、どの程度の精度を持つものなのかを把握しておくことが重要である。特に、等高線の間は高さ情報が無いので、等高線以上の精度を得ることができない。また、等高線の精度は作成された地図情報レベルを確認する必要がある。後述のレーザ測量データから作成された等高線の場合、等高線よりも、元のレーザ測量データを入手、使用すべきである。

② DEM

決められた間隔で格子状に配列した標高データである。国土地理院 WEB サイトで無償提供されている「基盤地図情報数値標高モデル (5m メッシュ, 10m メッシュ)」がある。また、事業によっては、地形測量の成果として DEM データを作成している場合がある。なお、DEM データの精度は地表 (グラウンド) データの取得精度以上のものは得られないこと、地図情報レベル及びメッシュサイズにより精度が異なることに注意が必要である。また、DEM データは後述するレーザ計測データや測量地点の標高データより作成さ

れているため、調査で得られた標高データと合致しない場合がある事に留意する必要がある。

③ レーザ測量データ

レーザ測量データは、航空機、UAV、地上レーザスキャナ等で取得された標高データである。点群数 100 万点以上の大規模になることが多い。また、小面積でも計測密度によっては大容量となることがあり、データの間引きや、小さい単位で分割しないと容易には扱えない。前処理、任意箇所の抽出のために、GIS、点群処理ソフト等を利用する。間引き処理を実施した場合は、処理方法を「BIM/CIM モデル作成 事前協議・引継書シート」等に記録する。

2) ボーリングデータ

ボーリングデータは、既往調査、データベース、新規調査等、様々な条件のものを扱うことが想定され、同一目的・同一条件下ではないことに留意する。

3) ルートマップ

ルートマップは、現地状況をそのまま記した情報ではあるが、ルートマップ上に記載しきれない情報等もあることから、野帳等関連資料も合わせて確認・使用する。

4) 地質平面図

地質平面図は、作成時点の地形データを元に作成されているため、現地形と合わない可能性があり、利用に当たって留意する。

5) 地質断面図

モデル構築に当たって、地質断面図は CAD 図面、画像等を使用する。

(2) 入力データの品質チェック方法

入力データの品質チェックの着目点を表 3-10 に示す。これらを参考に、地質調査データの品質をチェックする。

表 3-10 地質調査データの品質チェックの着目点

分類		品質チェックの着目点	備考
完全性		モデル構築に必要なデータは揃っているか 入力値は正しいか	物性値・座標等の実数、地質・岩級等の判定値
論理 一貫性	フォーマット 一貫性	データフォーマットは正しいか	フォーマットのバージョン、モデル化の環境で利用可能な形式
		画質は十分か	画像が判読できるか、トレース作業の障害にならないか
		座標系は統一されているか	
		デジタイズの属性に間違いは無い	
	概念 一貫性	地質構造が示されているか	
		地質構成が示されているか	地質層序表や地質判定基準表等が示されているか
		地質境界に理屈に合わない食い違いはないか	螺旋分布等3次元にしてみないと判断が難しいものもある
	定義域 一貫性	図面の整合性 断面図の交点は合っているか	図面の名称や分類等の整合性 3次元で交差させてみないと判断が難しい
位置正確度	位相 一貫性	境界線の種類が図面毎に変わっていないか デジタイズは十分な精度か	
		投影データを使った地質断面図ではないか	
		投影距離が示されているか 座標基準自体にズレが無い	
時間正確度		最新の解釈によって作成された図面か 最新の地形データか	地質図等最新の知見に基づくものか 最新の測量結果に基づくものか
主題正確度		地質学的分類が正しいか 工学的分類が正しいか	

出典：「3次元地質解析マニュアル Ver3.0 (Ver.3.0.1)」(3次元地質解析技術コンソーシアム)

(3) 品質確認記録方法

3次元地盤モデルの参照資料として、地質調査、入力データ、各データの品質を確認した記録を残す。地質調査図面や数値データ等のチェックシートの例を表 3- 11 に示す。

表 3- 11 地質調査図面データ等チェックシートの例

データの種類	チェック対象	チェック	備考
CAD図面	平面・断面共通	単位はメートル系になっているか	☐ 目安になるオブジェクトの長さや距離を調べる
		十分な精度でデジタイズされているか	☐ 曲線のノード配置を確認する
		最新の図面であるか	☐ 更新日時や図面内の注釈を確認する
		平面図・縦断面図に位置基準が示されているか	☐ 平面図であれば測量座標の基準点。断面図であれば距離票や縦横比
		余分なレイヤが含まれていないか	☐ 非表示のレイヤは使用できない可能性があるので分類しておく レイヤの削除や保護をおこなう
		不足の情報はないか	☐
		ブロック定義がないか	☐ ブロック定義が作業の障害になる場合はブロック定義を解除する
		境界線はポリラインになっているか	☐ 線集合の場合は結合処理をおこないポリラインに変換する
		ポリラインの幅は0になっているか	☐ ソフトによっては幅をサーフェスに変換しデータが扱いにくくなる。レイヤにも幅が設定されていないか、グローバル幅が設定されていないかを確認する
		線種を実線にしているか	☐ 装飾線はモデラーのレンダリングに負荷がかかる場合がある
		地質凡例はあるか	☐
		地質解釈の限界は示されているか	☐ 着色範囲が推定限界を示しているかの確認が必要
	平面図	座標基準が記載されているか	☐ 方位や測地系のXY座標の扱いに注意
		コンターに高さがあるか	☐
		座標の精度を確認したか	☐ 基準グリッドが示されている場合はグリッドの寸法が正確かをチェックする
		オブジェクトのZ値に異常がないか	☐ 無意味にZ値の値を持っている場合は、作業の障害になる場合があるのでZ値を修正する
	断面図	断面測線が平面図に示されているか	☐
		断面の起点・終点と平面図測線の起点・終点は合っているか	☐ 測線の長さや交差位置が正しいかチェックする 合っていないことを前提として確認したほうが良い
		縦横比を確認	☐ モデル化の対象や目的に応じて修正する
		目盛や標尺の長さは正確か	☐ デジタイズ図面やデータ変換した図面の場合、目盛や標尺に誤差が生じる場合がある。目盛や標尺の長さを計測して調べる
		境界線の末端処理はなされているか	☐ 末端に離れや交差がある場合は延長やトリムが必要
		高さを持ったデータが含まれていないか	☐ 断面図を3次元化する際に障害になる場合があるのでZ値を修正する
画像図面	平面・断面共通	歪みがないか	☐ 歪みがある場合は再スキャンする。局所的な歪みはデジタイズ時に対応する
		斜めにスキャンしていないか	☐ 斜めの場合は再スキャンか、画像処理ソフトで幾何補正する（モデラーにて補正できる場合もある）
		座標基準が記載されているか	☐
		解像度は十分か	☐ 十分でない場合は再スキャンする
数値データ		単位はメートル系になっているか	☐
		座標系は何か	☐
		測量座標か数学座標か	☐ 座標の逆転に注意する
		データの範囲（Min,Max）	☐
		座標の配列 精度	☐ 単精度、倍精度、小数点桁数、小数点以下丸め 等

出典：「3次元地質解析マニュアル Ver3.0（Ver.3.0.1）」（3次元地質解析技術コンソーシアム）

(4) 入力データの 3 次元化

3 次元地盤モデルを作成するために、様々な入力データを 3 次元空間に配置する。地質調査情報を統一空間に重ねて表示することで、互いの整合性をチェックすることが容易になる。図 3- 25～図 3- 27 に入力データの 3 次元化の例を示す。

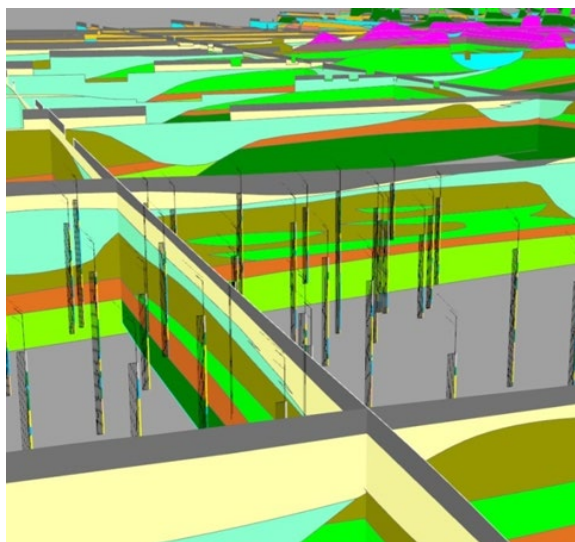


図 3- 25 ボーリングデータと地質断面図を 3 次元空間に配置した例

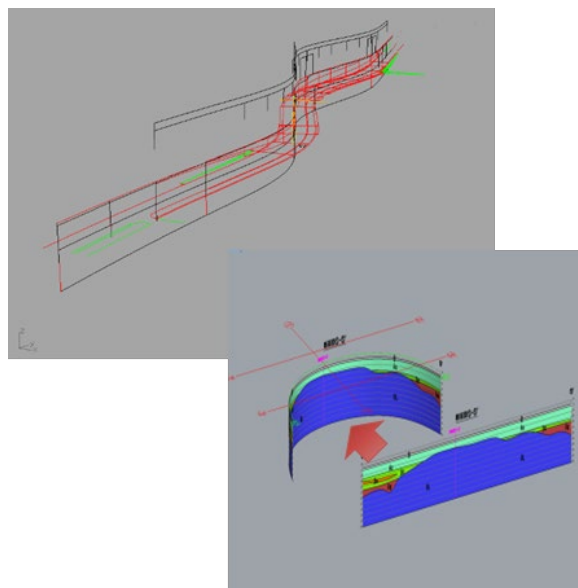


図 3- 26 曲線線形に沿い断面図を 3 次元化した例

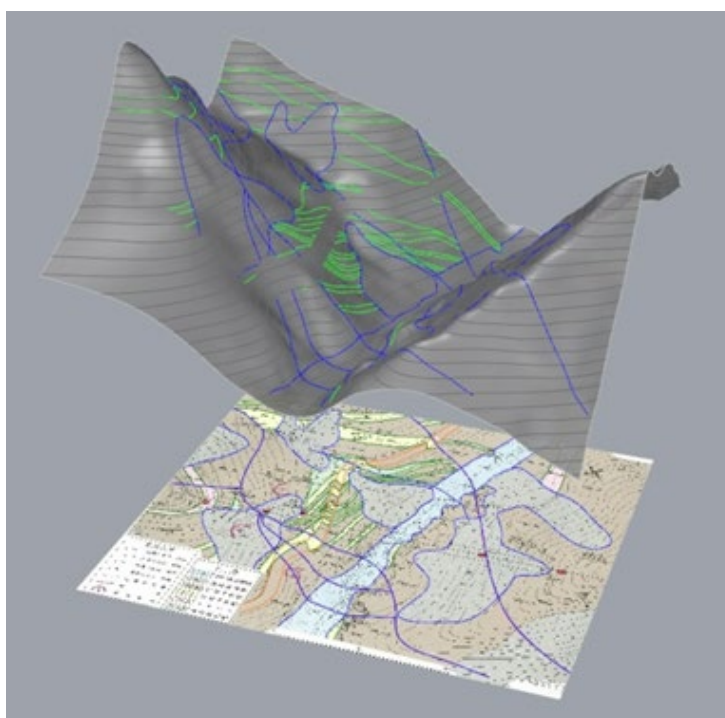


図 3- 27 地質境界線を 3 次元地形モデルに投影した例

出典：「3 次元地質解析マニュアル Ver3.0 (Ver.3.0.1)」(3 次元地質解析技術コンソーシアム)

3.3.3 3次元地質解析

3次元地質解析システム等の専用ソフトウェアを用いて、3次元地質解析を実施する。3次元地質解析は、次の手順で実施する。

- | | |
|----------------|----------------|
| (1) データクロスチェック | (4) 空間補間処理 |
| (2) 地質対比 | (5) 3次元地盤モデル構築 |
| (3) 補間用データ作成 | |

【解説】

3次元地盤モデル作成は、従来の地質解析を踏襲して実施するが、専用ソフトウェアの機能を利用するため、より幅広く柔軟なスキルが必要になる。生成過程の異なる多種多様な地質事象の性質を理解したうえで、地形を判読し地質情報を読み解き、事業目的や地質事象・現象等の着目点により、データを分類・構築する知識や解析技術が不可欠である。

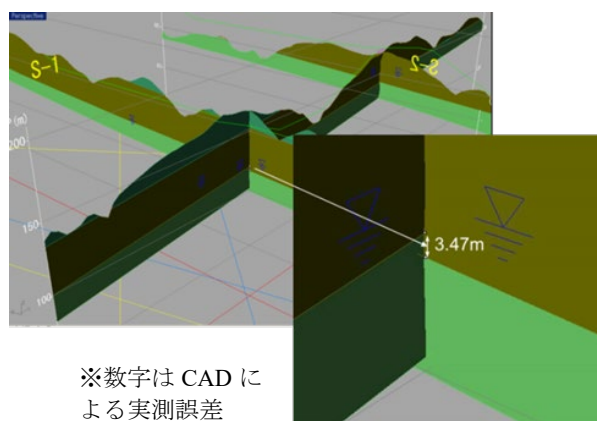
(1) データクロスチェック

地質データを3次元化した後に、クロスチェックにより不適合を抽出する。

【解説】

3次元化した地質データは、クロスチェックにより不適合を抽出する。不適合は修正、又は棄却の判断が必要となる。なお、クロスチェックは地質情報自体のケアレスミスの発見にも役立つ。

表 3-10 に示した「論理一貫性」「位置正確度」の視点による検査を実施する。「論理一貫性」では、入力データに用いる地質境界の分類に間違いがないか、入力データに用いる地質図面同士に矛盾がないかを確認する（図 3-28）。「位置正確度」では、入力データと地質図面に乖離がないかを確認する。なお、専用ソフトごとにクロスチェックの方法が異なり、事前にソフト仕様等を確認しておく。



不適合の状態	不適合の原因
交差する地質断面で地質境界の位置が合わない	ペンの誤差、トレース時の誤差、作図上の誤差、単純ミス
交差する地質断面で一方の断面にある地質境界線が、もう一方の断面に存在しない	断面作成時の確認ミス、トレースミス、作業中に誤って削除
交差する地質断面で地質解釈が異なる	断面の作成者が違う、断面の作成時代が違う
井桁に交差する地質断面で順番に地質境界を追いかけていくと“螺旋”になる	緩傾斜地層、断面作成者のミス

図 3-28 位置正確度に問題がある地質断面の例（※数字は CAD による実測誤差）

出典：「3次元地質解析マニュアル Ver3.0（Ver.3.0.1）」（3次元地質解析技術コンソーシアム）

(2) 地質対比

地質境界等を判別、グループ化し、地質対比を行う。

【解説】

地質対比とは、3次元地盤モデルを作成するために、地質調査データの同じ条件（同一時代、同じ地質種・地質体、類似物性値等）の境界を判別し、グルーピングする作業である。地質対比の方法は専用ソフトによって異なり、事前にソフト仕様等を確認しておく。

地質対比の基準となる地質情報の例は次のとおりである。

- 微地形情報：微地形分類図、DEMデータの地形解析図による地形境界線
- 地質模式地の情報や地質図：既往地質文献資料、地質図幅、各種地盤図、既存調査における地質平面図・断面図
- ボーリング：ボーリング柱状図

地質層序やグループ化の考え方が地質調査の進展で変わる場合は、地質対比も修正する。また、同じカテゴリ・グループの地質境界面でも、形成プロセスが局部的に変われば、異なる地質境界面の集合体となり、地質対比も対応させる必要がある。

地質対比作業では地質調査データ（地質図、地質断面図、ボーリング及び試験情報（原位試験、検層、室内試験結果）、物理探査結果等）を同一空間に重ねて総合的に判定する必要がある。地質対比の実施例を図3-29に示す。

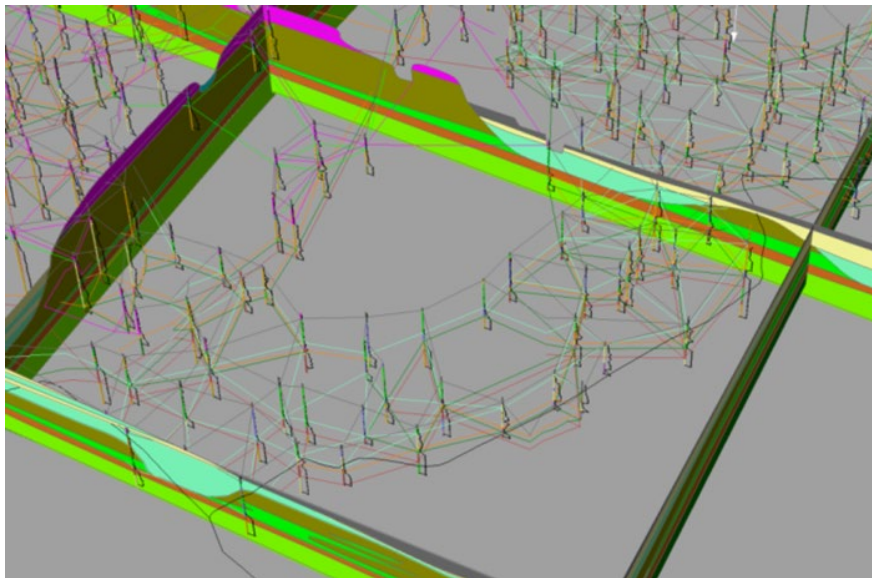


図3-29 地質対比が完了した例

出典：「3次元地質解析マニュアル Ver3.0（Ver.3.0.1）」（3次元地質解析技術コンソーシアム）

(3) 補間用データ作成

サーフェスモデルを空間補間処理により作成するために、補間用のデータを作成する。

【解説】

地質境界面等のサーフェスモデル作成に際し、本来のデータだけでは地層分布形状等が不自然であれば、補填データを追加して分布形状が自然になるように修正する。例えば、埋没谷のように地形学的な法則が適用できると判断すれば、仮定の河川勾配線（谷底線）を補填データとして用いる（図 3- 30）。補填データについては「3.3.3 3 次元地質解析（5）3 次元地盤モデル構築 1）3 次元地盤モデルの妥当性評価」を参照する。

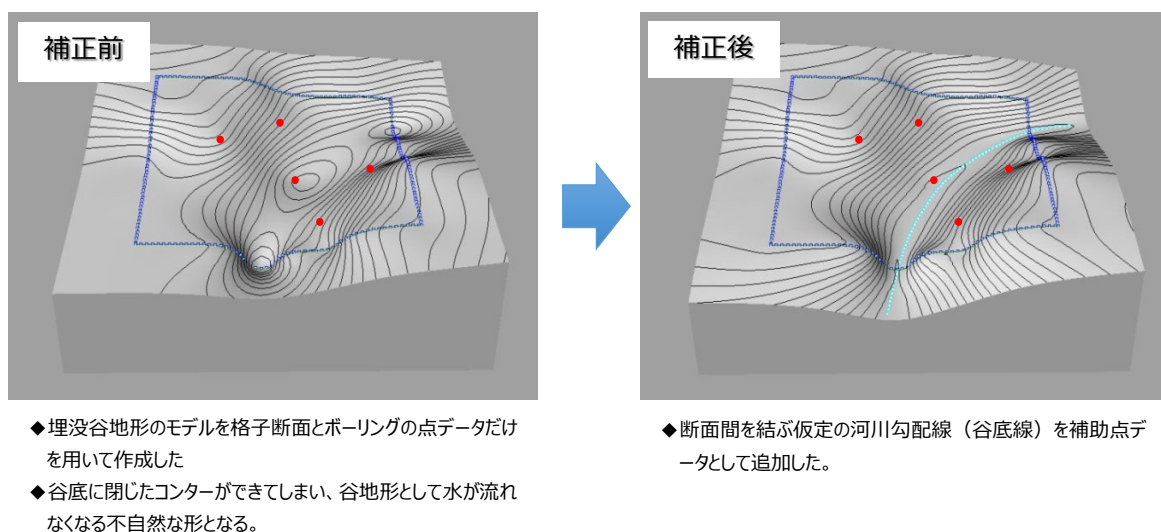


図 3- 30 サーフェスモデルの補填データによる修正例

出典：「3 次元地質解析マニュアル Ver3.0（Ver.3.0.1）」（3 次元地質解析技術コンソーシアム）

(4) 空間補間処理

入力データから 3 次元のサーフェスモデルや物性モデルを計算し、空間補間処理を行う。

【解説】

空間補間処理では、地質対比データ、補間用データを入力データとして、地質・地盤のサーフェスモデルや物性モデルを計算する。全ての地質事象を一つの空間補間法で再現することは困難であり、地質事象毎に適した手法を選定する（図 3-31）。

地形面は、数値標高データや測量点などデータ密度の高い点データが得られるため、TIN（不整三角網補間）や自然近傍法といった、実測データから逸脱しない線形補間による内挿法が用いられる。

地質境界面は、ボーリング調査等から得られるデータ密度の低い点データや不均一なデータから自然曲面を生成するため、最適化原理や、統計的手法のクリギング法等が適している（図 3-32）。

オーバーハングした形状のサーフェスモデルの場合は、グリッドモデルとして計算すること自体が困難であるため、一連の自然曲面を作成できる曲線法による空間補間処理が適している（図 3-33）。

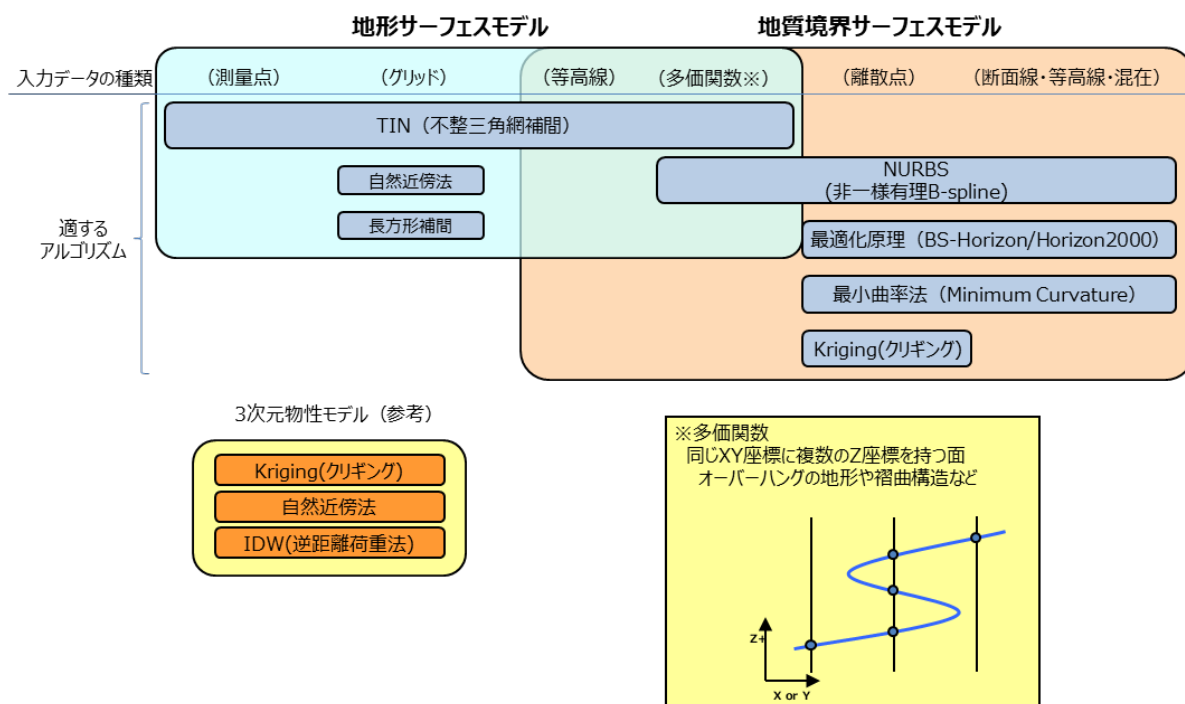


図 3-31 空間補間アルゴリズムの適用例

出典：「3次元地質解析マニュアル Ver3.0（Ver.3.0.1）」（3次元地質解析技術コンソーシアム）

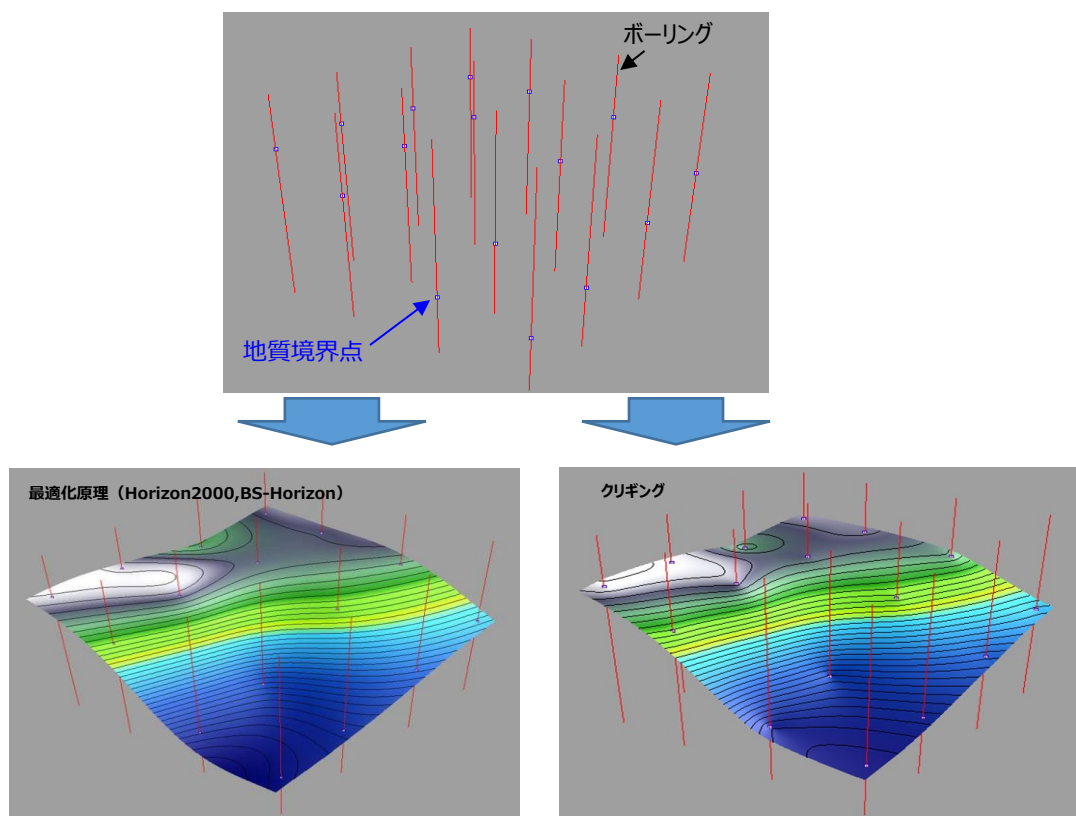


図 3-32 グリッド法の空間補間アルゴリズムの例

出典：「3次元地質解析マニュアル Ver3.0 (Ver.3.0.1)」(3次元地質解析技術コンソーシアム)

準 3次元地質断面図作成

地質対比

曲線法によるサーフェスモデル作成

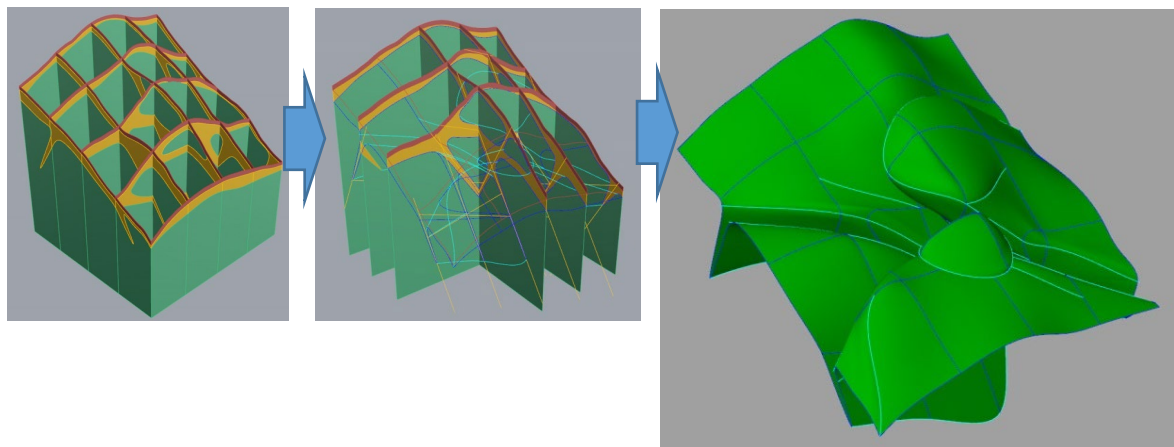


図 3-33 多価関数のサーフェスモデルを曲線法で作成した事例

出典：「3次元地質解析マニュアル Ver3.0 (Ver.3.0.1)」(3次元地質解析技術コンソーシアム)

(5) 3次元地盤モデル構築

3次元地盤モデルの構築に際し、空間補間処理により作成した3次元モデルが、地質学的に妥当なものか評価する。

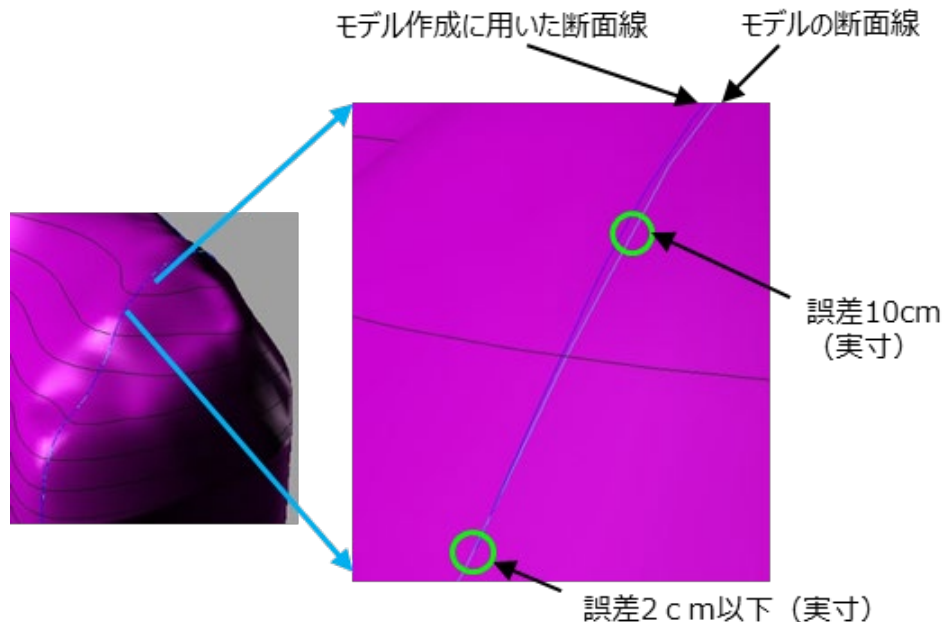
【解説】

1) 3次元地盤モデルの妥当性評価

3次元地盤モデルの妥当性評価は、モデルに不自然さがないかを判断するプロセスである。不自然さとは、地形・地質学的に生じ得ない形状や分布を表すことである。単純な空間補間だけでは不自然な3次元モデルになる可能性が高い。例えば、作成したサーフェスモデルが地形形成過程や地層累重の法則等の自然法則に反するという状態になり得る。そのために、サーフェスモデルを計算する際にモデルの形状を正誤するための補填データを使用する。

地質断面図の境界線を用いてモデルを作成した場合は、同じ箇所モデルの断面を作成し、元の境界線と比較することで計算誤差を確認する。モデル構築の目的を考慮し、その許容誤差以内であれば入力データを反映した妥当性のあるモデルと判断する（図3-34）。

サーフェスモデルとしての形状に不自然な部分がないかを、サーフェスの歪みを可視化して評価する。例えば、コンター（等高線）はサーフェスモデルの歪みを判定する手法として一般的な手法であり（図3-35）、コンターの集中や発散の形状を目視で確認し、不自然な部分を抽出する。



※地質境界線を入力データとした箇所でサーフェスモデルの断面図を作成し、境界線とサーフェスモデルの誤差を確認する

図3-34 地質境界線とサーフェスモデルの比較例

出典：「3次元地質解析マニュアル Ver3.0 (Ver.3.0.1)」(3次元地質解析技術コンソーシアム)

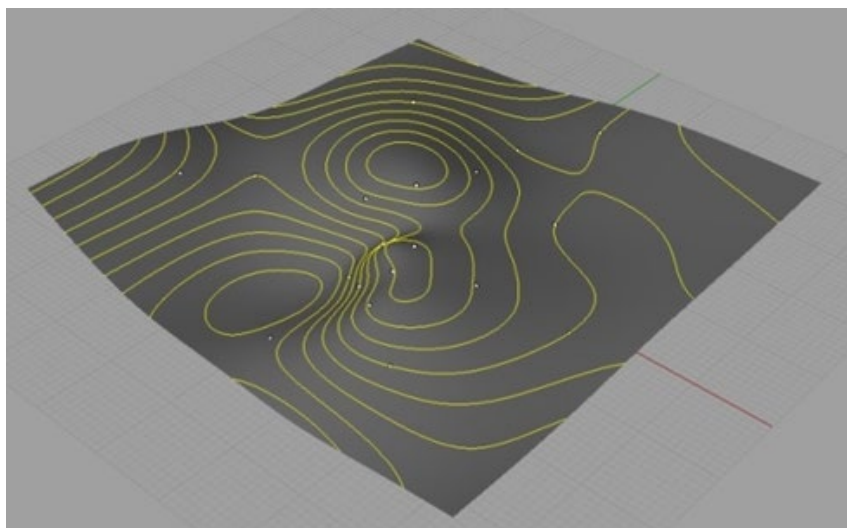


図 3-35 コンターマップによるサーフェス形状の確認例

出典：「3次元地質解析マニュアル Ver3.0 (Ver.3.0.1)」(3次元地質解析技術コンソーシアム)

2) モデルの仕上げ作業

3次元地盤モデル作成の最終段階は、地質学的・工学的判定に基づきモデルの不要部分の削除や、サーフェスモデルを用いてソリッドモデルを作成する作業となる(図 3-36)。サーフェスモデルの境界面を整合・不整合等で定義することによりソリッドモデル作成の自動処理を可能とする専用ソフトもある。ソリッドモデルの作成方法は専用ソフトによって異なるため、その仕様を確認しておく。

この時点でも不自然な形状が現れる場合があり、その場合は、ワークフローを遡り、地質対比、補填データの追加修正、再モデリングなどを行う。最終的に、深度方向・平面方向の許容誤差以内でモデルをトリミングすることもある。

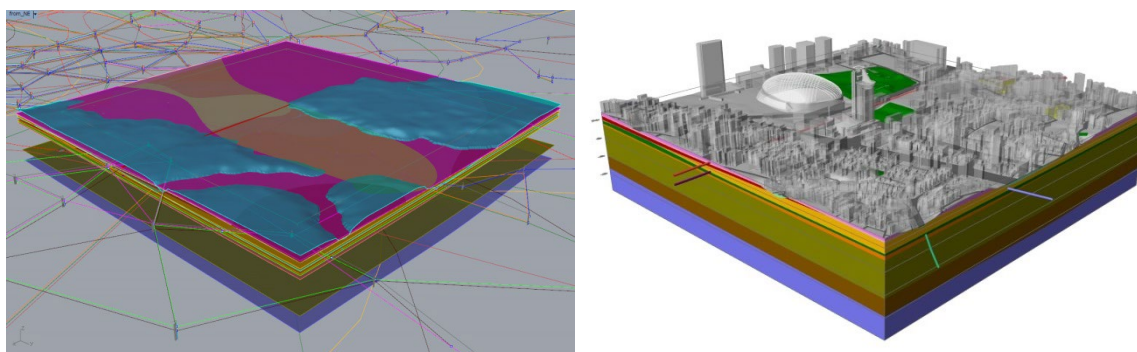


図 3-36 サーフェスモデルよりソリッドモデルを作成した例

出典：「3次元地質解析マニュアル Ver3.0 (Ver.3.0.1)」(3次元地質解析技術コンソーシアム)

4. 成果品作成

成果品として、モデル、属性情報、参照資料、品質管理記録等を作成する。

【解説】

3次元地盤モデルの成果品は、3次元可視化資料、3次元モデルから出力した図面、属性情報、参照資料、品質管理記録等から構成される。成果品作成においては、目的に応じ縦・横比を誇張するなど地質・地盤リスクが判別しやすいよう適切に調整する。

品質管理記録では建設生産・管理システムの各段階においてモデルの不確実性、想定される地質・地盤リスクなどの重要な情報を継承することが重要であり、「3次元地質解析マニュアル Ver3.0 (Ver.3.0.1)」(3次元地質解析技術コンソーシアム)では「3次元地質・地盤モデル継承シート」の活用が提案されている。ここでは、この「3次元地質・地盤モデル継承シート」の活用例も参考に解説する。

(1) 3次元可視化資料

1) 構造物と3次元地盤モデルの相互関係の可視化

3次元地盤モデルと構造物との相互関係は、3次元上でわかり易く可視化することができる(図3-37)。例えば、法面掘削範囲における3次元土軟硬区分モデルの掘削量判定等は、専用ソフトウェア上で解析できる。

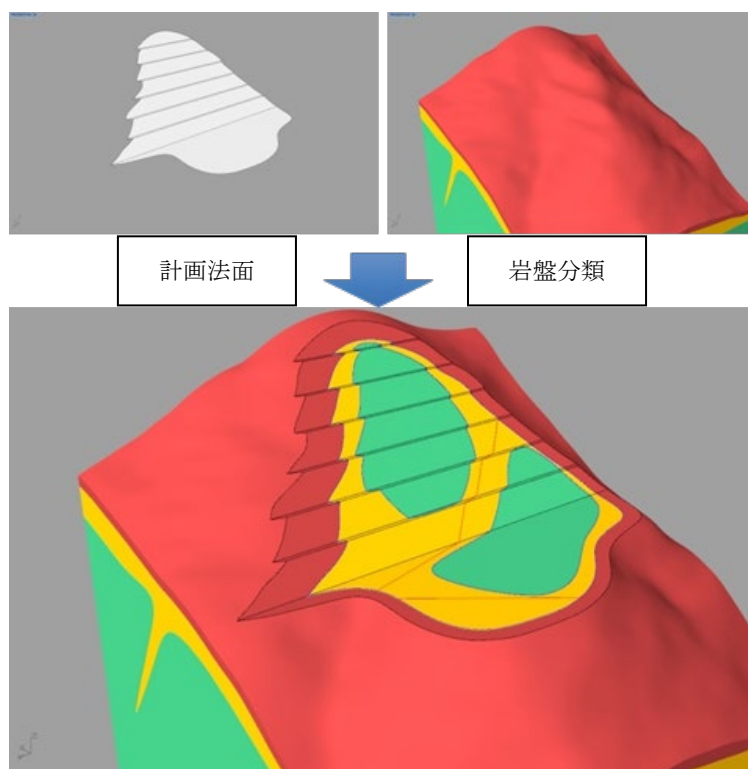


図 3-37 計画法面と岩盤分類モデルとの相互関係例

出典：「3次元地質解析マニュアル Ver3.0 (Ver.3.0.1)」(3次元地質解析技術コンソーシアム)

2) 地質リスクの可視化

3次元地盤モデル単独だけの情報伝達では、そのモデルの信頼性や重要な伝達意図等が十分に伝わらない恐れがある。アノテーション（注釈）機能等を利用することで、直感的に認識できる表現が可能となり、これらの情報を確実に伝達することが期待できる。

地質・地盤リスクの可視化の留意点は、次のとおりである。

◆地質・地盤リスクの根拠となる情報を示す。

- ・3次元地盤モデルの根拠となる地質情報、地質構造、地質物性値を示す。
- ・情報判読の補助手段（アノテーション（注釈）、着目点の強調 等）を適切に用いる。
- ・モニタリング結果（移動ベクトル、変位量、閾値アラート 等）を重ねる等。

◆事実／推定／概念（イメージ）の違いがわかるものとする。

◆誤解を与えるような過剰な装飾や表現を避ける。

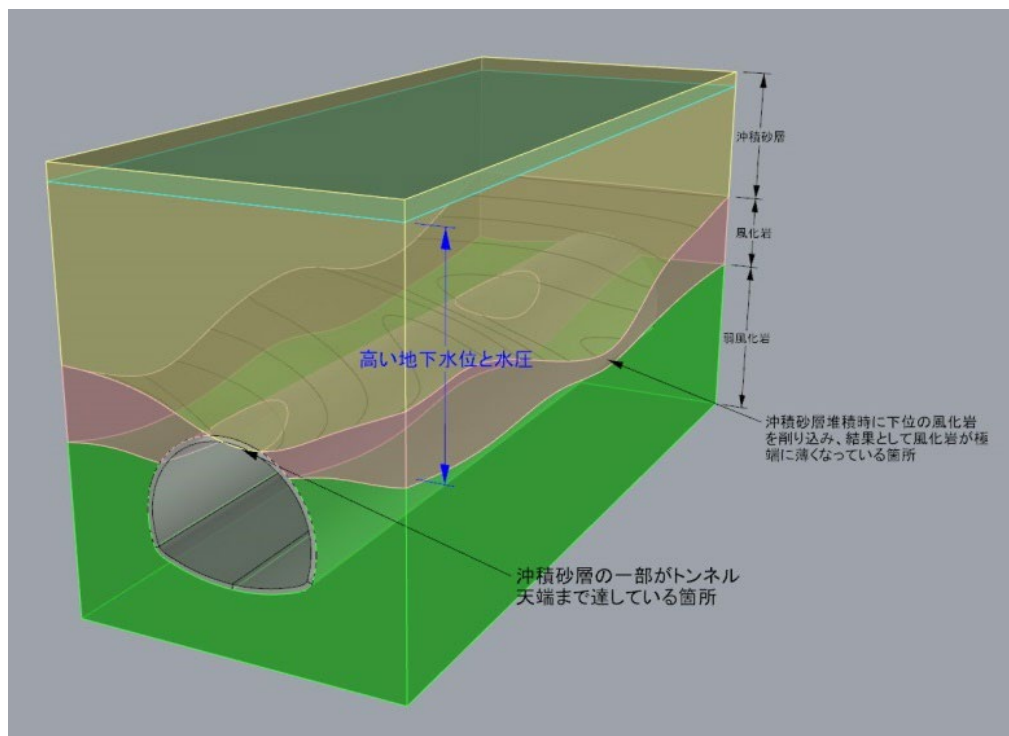


図 3-38 トンネルにおける地質リスクのアノテーション表示例

出典：「3次元地質解析マニュアル Ver3.0 (Ver.3.0.1)」(3次元地質解析技術コンソーシアム)

3) 動画による可視化

静止画よりも動画の方が3次元形状を分かり易く認識できる。専用ソフト、フリービューアは、3次元モデルの自動回転やフライスルー・ウォークスルーにより、動画で表示できるものが多い。また、動画ファイルでの出力や、動作設定した静止画を連番出力し動画処理ソフトで編集・出力する場合もある。

(2) 3次元地盤モデルからの図面出力

1) 2次元CADデータ出力

専用ソフトで出力した図面は、CAD製図基準に則る成果図面とするために、修正が必要になる。専用ソフトからの2次元CADデータ出力に際して、留意事項を示す。

- ◆参照基準：CAD製図基準を参照する。
- ◆座標系と単位：2次元CAD図は任意のレイアウト座標を用いるが、専用ソフトは測地系座標で扱うため座標や単位の扱いに注意する。
- ◆レイヤ設定：標準仕様や製図基準、電子納品要領に則るレイヤ名称を用いる。
- ◆データ変換設定：ポリライン等の図面描画オブジェクトを、必要に応じて利用者のCADに合わせてデータ変換する。
- ◆ブロック定義：複数の図形を一つのまとまりの図形として扱う機能
例) 2次元図面上の簡易柱状図、地質平面図の模様。
- ◆調査位置の記録：ボーリング簡略柱状図、ボーリング位置、名称、投影距離
- ◆装飾：地層の着色やハッチング
- ◆情報：図面凡例、帯図（情報欄）の表現・出力

2) 図面の識別

3次元モデルから任意の位置で断面図を切り出す場合は、既往資料等の2次元CAD図面との違いが識別できるようにすることが望ましい。

3) 画像出力

3次元地盤モデルを画像出力する場合は、モデルに重ねる適切な情報の選別や、物差しになる等高線・スケールバー・標尺を使用するなど、表示方法に注意する。また、レンダリングの種類や投影法の違いにより、3次元空間の見え方が変わるので注意が必要である。

(3) 属性情報

属性情報として、個々の形状情報に紐づく属性を保存する。例えば、「地層・岩体区分」、「岩級区分」、「土質区分」や、「岩盤強度」「弾性波速度」などの物性値が該当する。

属性情報は、①形状データに直接付与、又は、②外部参照ファイルとして、CSV、XLSX、XML等のファイル形式でまとめ、対応する3次元モデルのフォルダに格納する。

(4) 参照資料

図面、報告書、各種帳票など、モデル作成の根拠となる地質調査データ等を、参照資料（リンク）として付与する。

(5) 品質管理記録

「3次元地質・地盤モデル継承シート」は、モデルの管理情報、属性情報に加え、根拠となる地質調査の品質情報、モデル化のアルゴリズムや妥当性、照査・引継に至る情報を一つのワークシートに記録するものである。「3次元地質・地盤モデル継承シート」により、

3次元地盤モデルのトレーサビリティを確保することが可能となる（図3-39）。記録の対象とする項目を表3-12に示す。

3次元地盤モデルの品質は、使用した地質調査データの品質にも左右されるため、各データの品質を確認し記録を残すことが重要である。また、複数業務の成果データを使用することもあり、その場合は、統一的な品質評価を行う必要がある。

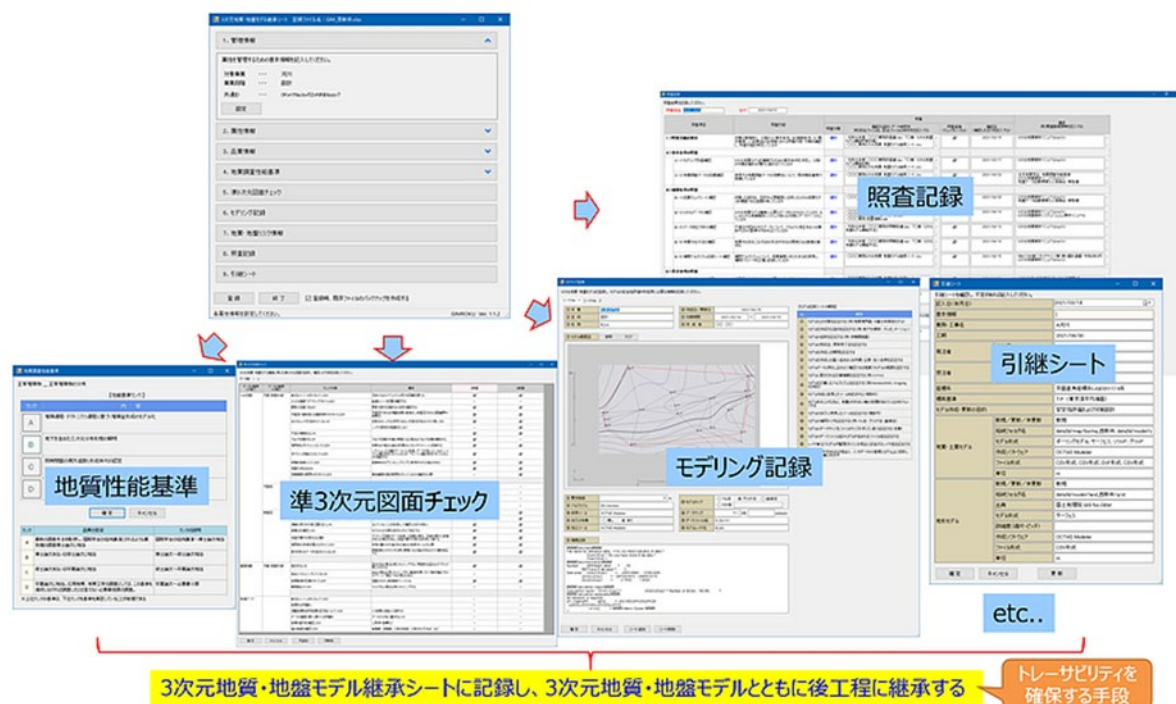


図3-39 「3次元地質・地盤モデル継承シート」の機能イメージ

出典：3次元地質解析技術コンソーシアム HP (<https://www.3dgeoteccon.com/>)

表3-12 「3次元地質・地盤モデル継承シート」の記録項目

項目番号	項目	記録内容	技術マニュアルにおける関連章節および参考資料
1	管理情報シート	対象事業と事業段階毎の管理情報	「7.5 属性情報」
2	属性情報記録シート	3次元モデルの形状情報と属性情報	「7.5 属性情報」
3	品質情報記録シート	地質調査情報の種類と数量	「5.1 品質管理の着目点」
4	地質調査性能基準記録シート	地質調査性能基準	「3.7 モデルの信頼性」
5	準3次元図面チェックシート	準3次元図面の品質確認	「5.4 図面データ等の品質」
6	モデリング記録シート	モデルのアルゴリズムや妥当性	「6.6 補間パラメータ/ログの記録」
7	地質・地盤リスク情報記録シート	地質・地盤リスク情報	「4.7 地質・地盤リスクの継承」
8	照査記録シート	照査結果	「4.8 照査のタイミング」
9	引継シート	引継情報	BIM/CIM活用ガイドライン(案)共通編 ²⁾

出典：「3次元地質解析マニュアル Ver3.0 (Ver.3.0.1)」(3次元地質解析技術コンソーシアム)

5. 不確実性の引き継ぎ

3次元地盤モデルを計画、設計、施工、維持管理・更新に引き継ぐには、地質調査データの品質や密度、地質解釈やモデル化手法を正確に記録し、モデルの利用者が不確実性を評価・検証・低減できる状態にするためのトレーサビリティを確保する必要がある。

【解説】

(1) 3次元地盤モデルの不確実性

地質・地盤は自然営力や人間の社会活動により形成され、その分布や物性は不均質・非一様であり不確実性が内在する。3次元地盤モデルは、地質調査の質・量や調査自体の限界、モデル化のパラメータ、技術者の解釈等も加わり複雑なものとなる。

3次元地盤モデルは、モデル作成に用いた地質調査データ以外の箇所は空間補間手法による推定範囲となる。サウンディングや物理探査等に基づく物性値データによりモデルの推定精度を高めることもあるが、ジャストポイントの調査データの無い推定範囲では、程度の差はあれ不確実性を持つものとして扱われる（図3-40）。

図3-41に3次元地盤モデルの不確実性の例を示す。ボーリング密度の違いにより、支持層の推定が変わっていることが読み取れる。

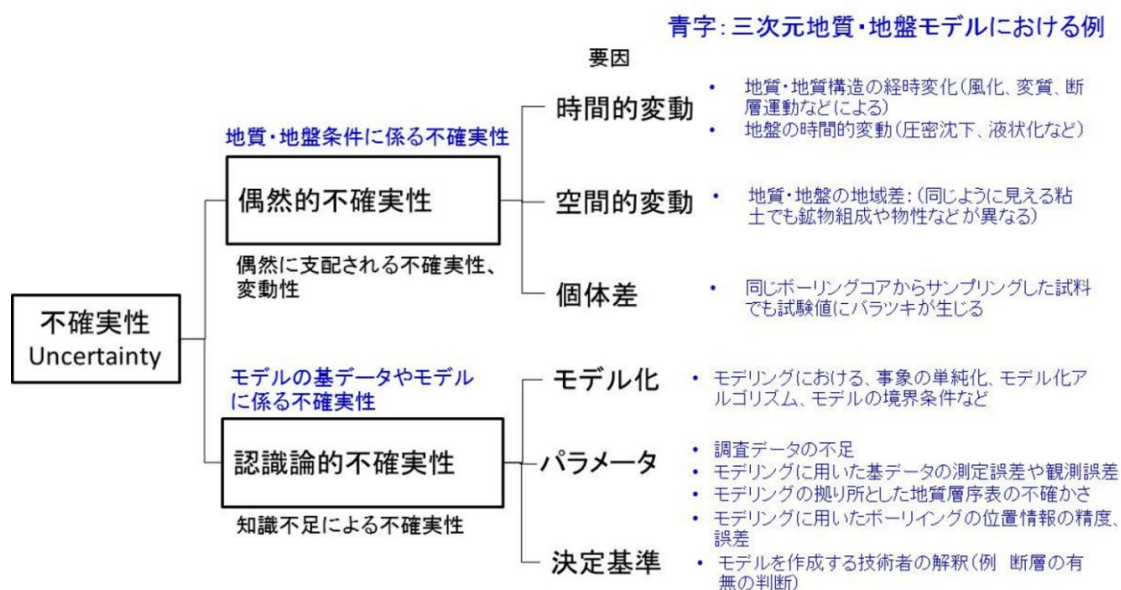


図 3-40 3次元地盤モデルの不確実性

出典：地盤データ品質標準化小委員会報告書「三次元地質・地盤モデルの利活用と不確実性の評価・明示」

(2) 不確実性の引継方法

後工程で新たな情報が得られた場合に、引き続き、不確実性の検証作業ができる状態にしておくことが望ましい。

不確実性を後工程に引き継ぐために必要な情報として、解析の考え方、推定アルゴリズム、空間補間手法のパラメータ、地質解釈の根拠となる文献資料の明示・参照先、不確実

性を評価した方法等を記録する必要がある。「3次元地質・地盤モデル継承シート」に記録可能な情報である。

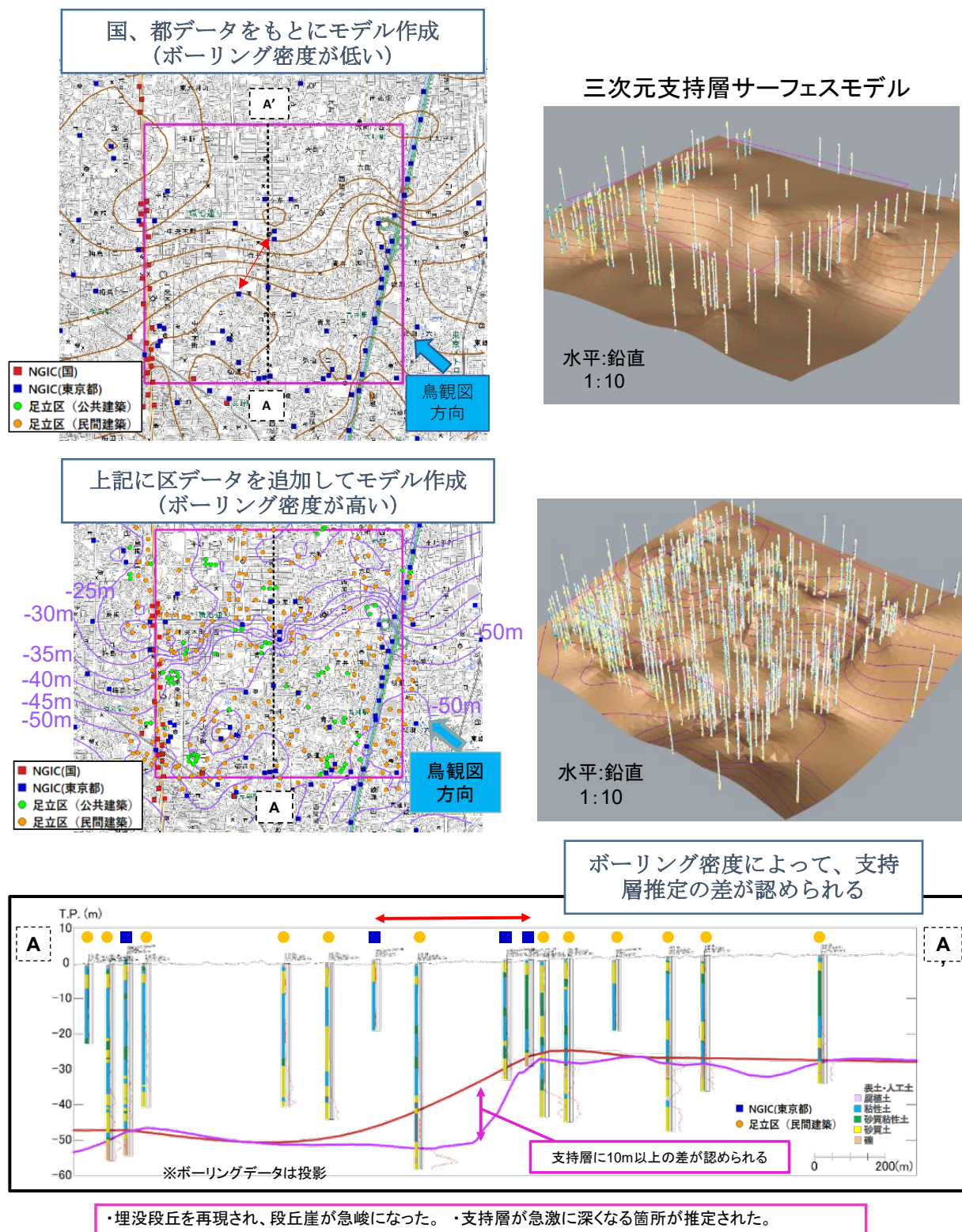


図 3- 41 3次元地盤モデルの不確実性の例

出典：「3次元地質・土質モデルガイドブック」（一般財団法人 国土地盤情報センター）

6. 地質・土質モデルの照査

地質・土質モデルの品質評価と品質確保を行うため、作業の各段階において照査を実施する。

成果品の照査では、作成した地質・土質モデルが要求事項を満足したものであること、要点に沿った照査が実施されていることを確認した上で、「照査チェックリスト」、「BIM/CIM モデル作成事前協議・引継書シート」を記録し、確実に次工程に継承できるようにする。

【解説】

地質・土質モデル作成の基本的なワークフローと各段階における照査のタイミング・照査項目・内容を図 3-42 に示す。以下、照査の概要を解説する。

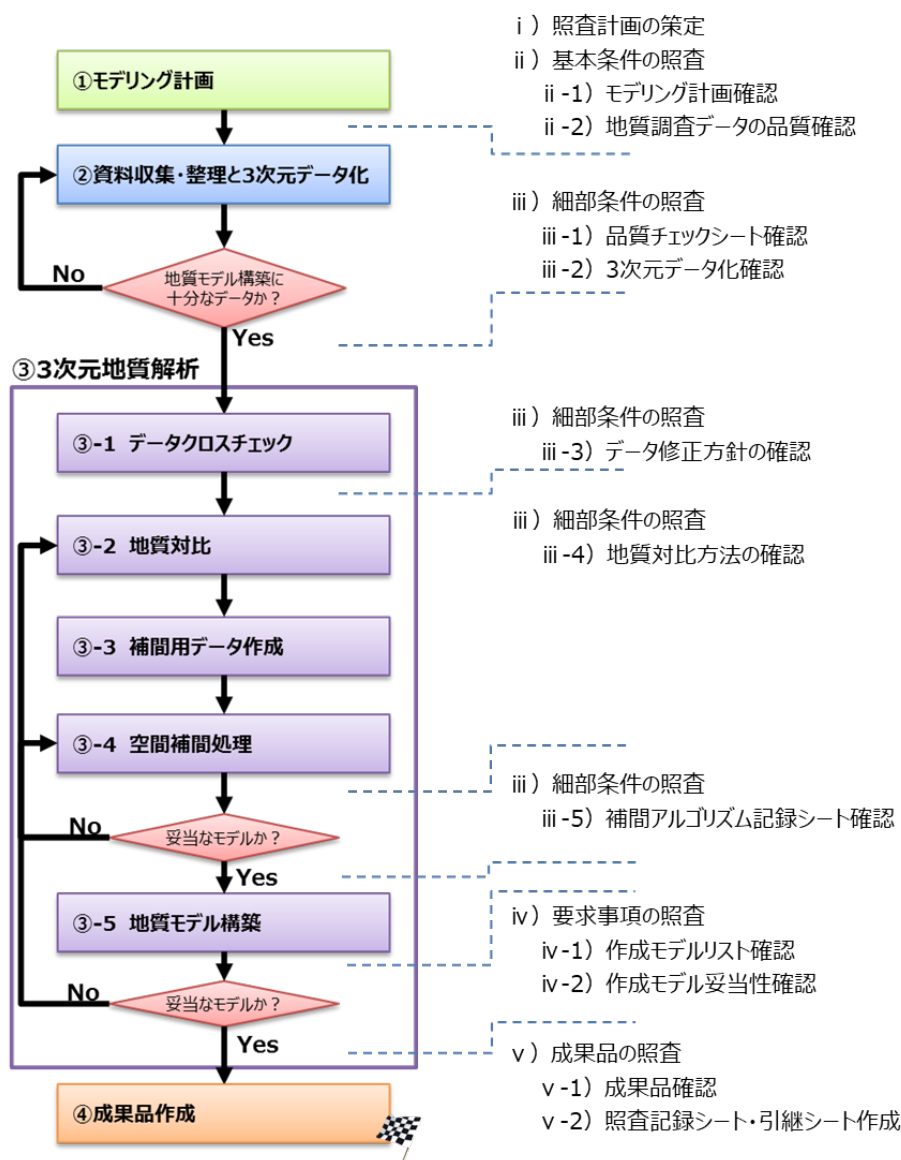


図 3-42 地質・土質分野の BIM/CIM モデル作成における基本ワークフローと照査のタイミング・照査項目

出典：「3次元地質解析マニュアル Ver3.0 (Ver.3.0.1)」(3次元地質解析技術コンソーシアム)

i) 照査計画の策定

モデル作成の作業前に、照査計画を策定する。具体的には、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及びその対象を確認した上で、照査計画を策定する。

ii) 基本条件の照査

基本条件である ii-1) モデリング計画確認、ii-2) 地質・土質調査データの品質確認、について照査する。

ii-1) モデリング計画確認

地質・土質モデル（ボーリングモデル、サーフェスモデル、準3次元地盤モデル、3次元地盤モデル等）のモデリング計画について、次に示す作業内容等を合理的に組み立てているかを照査する。

- ・ 業務内容とモデリングの目的を理解したモデリング計画である。
- ・ 要求事項（業務仕様書、技術提案等）を満足する成果品を作成できるモデリング計画である。
- ・ 解析領域と空間補間が要求事項を満足するモデリング計画である。
- ・ 地質・土質構成や互層及びレンズ層の扱いについて、合理的な考え方に基づくモデリング計画である。
- ・ 属性情報の項目設定やデータ引継ぎ設定の条件が妥当なモデリング計画である。

ii-2) 地質・土質調査データの品質確認

地質・土質モデル作成で使用する地質調査データの品質について、以下の注意点を着目点が適切に行われているかを照査する。

- ・ ボーリング等の地質調査データが統一された地質・土質区分及び基準により客観的に整理され、品質が確保されている。
- ・ 技術者の個人差（知識・経験等による差）やバラツキが生じていない地質調査データであり、一定の品質が確保されている。
- ・ 地質調査の工法等（例：ボーリング調査における通常工法と高品質ボーリングの違い）に起因する地質調査データの質を加味した上で、一定の品質が確保されている。
- ・ 使用する地質調査データが業務目的及び要求事項を満足する品質、信頼性を確保している（容認できる範囲内のバラツキに収まっている）。
- ・ 地質調査データ自体がそのままでは信頼性を有することができない場合に、別の地質調査データや新たに追加された地質調査データに基づく見直しによって、結果的に本来の地質調査データ自体の信頼性が回復し品質が確保されている。

iii) 細部条件の照査

細部条件の照査では、次の各項目について照査する。

iii-1) 品質チェックシート確認

収集した資料（柱状図、平面図、断面図等）について、目的や必要範囲に適合した資料であるかを確認し、品質チェックが適切に行われているかを照査する。地質調査資料の品質チェックにおける着目点を表 3-13 に示す。

iii-2) 3次元データ化確認

地質・土質モデル構築に必要なデータを3次元化している、又は3次元地盤モデリングソフトウェアで扱えるようにデータベース化しているかを照査する。

iii-3) データ修正方針の確認

不適合が認められたデータをどのように修正、棄却するかの方針や作業方針を照査する。

iii-4) 地質対比方法の確認

地質対比を行う手法や対比の根拠となる基準が適切であるかを照査する。

iii-5) 補間アルゴリズム記録シート確認

地質境界面推定の補間アルゴリズムについて地質事象に応じた適切な手法を選択しているか、補間パラメータを正確に記録しているかを照査する。図 3-43 に補間アルゴリズム記録シート（モデリング記録シート）の例を示す。

iv) 要求事項の照査

要求事項の照査では、次の項目を照査する。

iv-1) 作成モデルリスト確認

要求事項（仕様書、技術提案等）を満足する成果品を作成するために、必要な BIM/CIM モデルが揃っているかを照査する。

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を照査する。

v) 成果品の照査

成果品の照査では、次の項目を照査する。

v-1) 成果品確認

要求事項（仕様書、技術提案等）を満たした成果品が揃っているかを照査する。

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を照査する。

要点に沿った照査を実施するための「照査記録シート」の例を表 3-14 に示す。（表は「3次元地質解析マニュアル Ver3.0 (Ver.3.0.1)」(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 3-13 地質調査データの品質チェックの着目点（案）

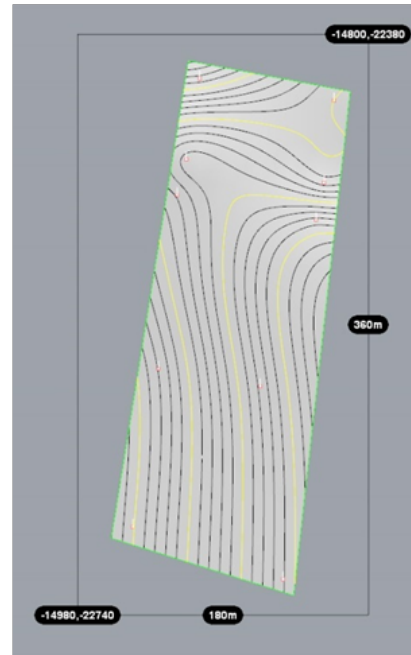
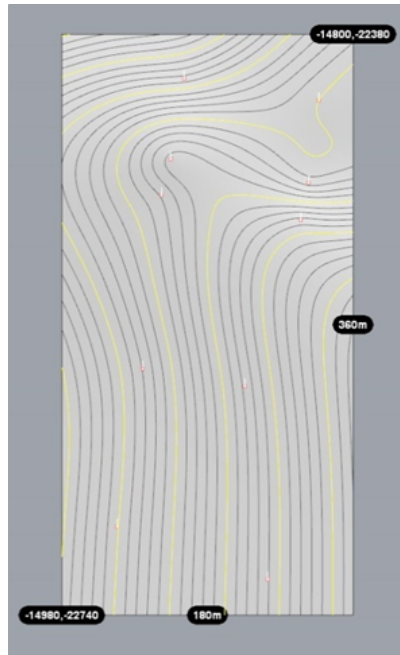
分類		品質チェックの着目点	備考
完全性		モデル構築に必要なデータは揃っているか	
		入力値は正しいか	物性値・座標等の実数、地質・岩級等の判定値
論理 一貫性	フォーマット 一貫性	データフォーマットは正しいか	フォーマットのバージョン、モデル化の環境で利用可能な形式
		画質は十分な	画像が判読できるか、トレース作業の障害にならないか
		座標系は統一されているか	
		デジタイズの属性に間違いは無いか	
	概念一貫性	地質構造が示されているか	
		地質構成が示されているか	地質層序表や地質判定基準表等が示されているか
		地質境界に理屈に合わない食い違いはないか	螺旋分布等 3 次元にしてみないと判断が難しいものもある
	定義域一貫性	図面の整合性	図面の名称や分類等の整合性
		断面図の交点は合っているか	3 次元で交差させてみないと判断が難しい
	位相一貫性	境界線の種類が図面毎に変わっていないか	
		デジタイズは十分な精度か	
位置正確度		投影データを使った地質断面図ではないか	
		投影距離が示されているか	
		座標基準自体にズレが無いか	
時間正確度		最新の解釈によって作成された図面か	地質図等最新の知見に基づくものか
		最新の地形データか	最新の測量結果に基づくものか
主題正確度		地質学的分類が正しいか	
		工学的分類が正しいか	

出典：「3 次元地質解析マニュアル Ver3.0（Ver.3.0.1）」（3 次元地質解析技術コンソーシアム）

①対 象	地質境界面
②目 的	液状化解析
③名 称	As1層下面
④作業期間	2017年11月5日～2017年11月19日
⑤作 成 者	〇〇〇〇 A株式会社
⑥モデル解像度/要求精度	2m/5m
⑦入力データ名	point_As1_low.txt
⑧出力データ名	grid_As1_low.txt

⑨補間アルゴリズム	BS-Horizon
⑩座標系	平面直交 JGD2011 第9系
⑪補間領域	Xs -14980 Xe -14800 Ys -22740 Ye -22380
⑫加工の有無	有り (有効範囲でトリミング)
⑬使用ツール	〇〇〇〇
⑭モデルタイプ	グリッド、NURBS
⑮モデルの妥当性	対象地域の地形地質特性から妥当と判断される

⑬入力データとモデルの関係



⑭精度記録

```
#####Estimation result#####
iteration= 1 alpha= 0.10000E+03 gamma= 0.00000E+00
-----
H : data = 10 Rh = 0.75087E-06 Error= 0.86653E-03
D : data = 0 Rd = 0.00000E+00 Error= 0.00000E+00
-----
Jx = 0.24804E-02 Jy = 0.12933E-02
Jxx= 0.40930E-02 Jxy= 0.49865E-02 Jyy= 0.16387E-01
J1 = 0.37737E-02 J2 = 0.30473E-01
-----
Q = 0.30549E-01 J = 0.30473E-01 aR = 0.75087E-04
```

⑮補間パラメータ

BS-Horizon実行条件

計算領域

X座標: min: -14980 max: -14800
Y座標: min: -22740 max: -22380
分割数: Nx: 91 Ny: 181
解像度: Nx: 2.0 Ny: 2.0

出力範囲へコピー

α値: min: 1 max: 100
繰り返し計算回数: 20
方向・傾斜データの重み: 10000
滑らかさ: m1: 0 m2: 1

出力範囲

X座標: min: -14980 max: -14800
Y座標: min: -22740 max: -22380
分割数: Nx: 91 Ny: 181
解像度: Nx: 2.0 Ny: 2.0

図 3- 43 補間アルゴリズム記録シート（モデリング記録シート）の例

出典：「3次元地質解析マニュアル Ver3.0 (Ver.3.0.1)」(3次元地質解析技術コンソーシアム)

表 3-14 照査記録シート（例）

照査項目	照査内容	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	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	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	○○○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	○○○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	○○○業務_地盤スカルトンモデル.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	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	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	○○○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	○○○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	○○○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	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	○○○業務_照査記録シート.csv ○○○業務_CIMモデル作成事前協議・引継書シート.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		2020/3/1	

出典：「3次元地質解析マニュアル Ver3.0（Ver.3.0.1）」（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。

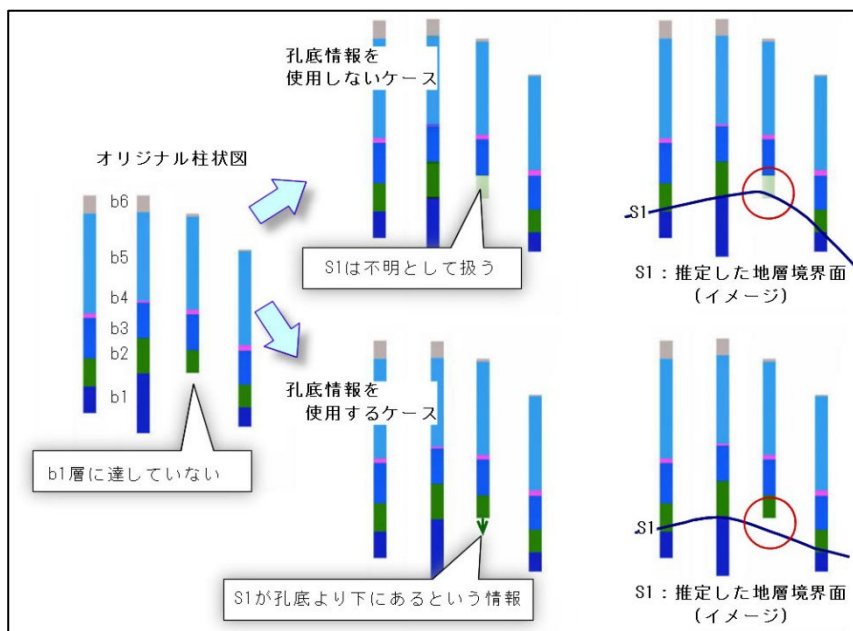


図 3-44 孔底の地層データを地層境界面の推定に利用する方法（イメージ）

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。

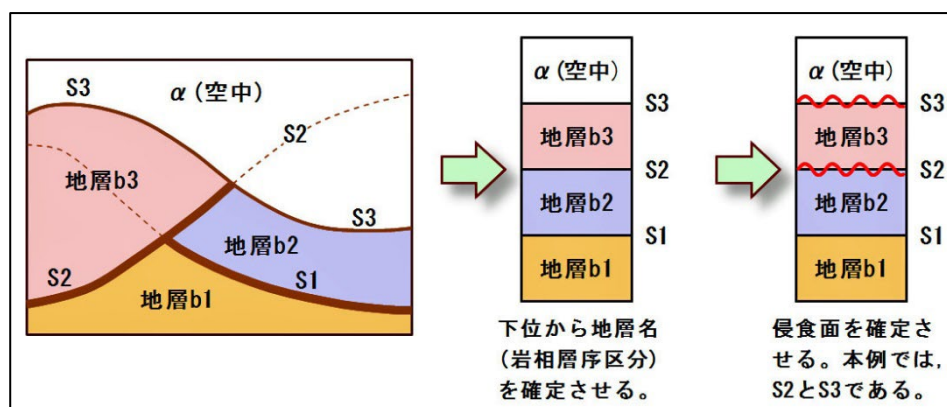


図 3-45 地層の論理モデルの表現方法（例）

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。

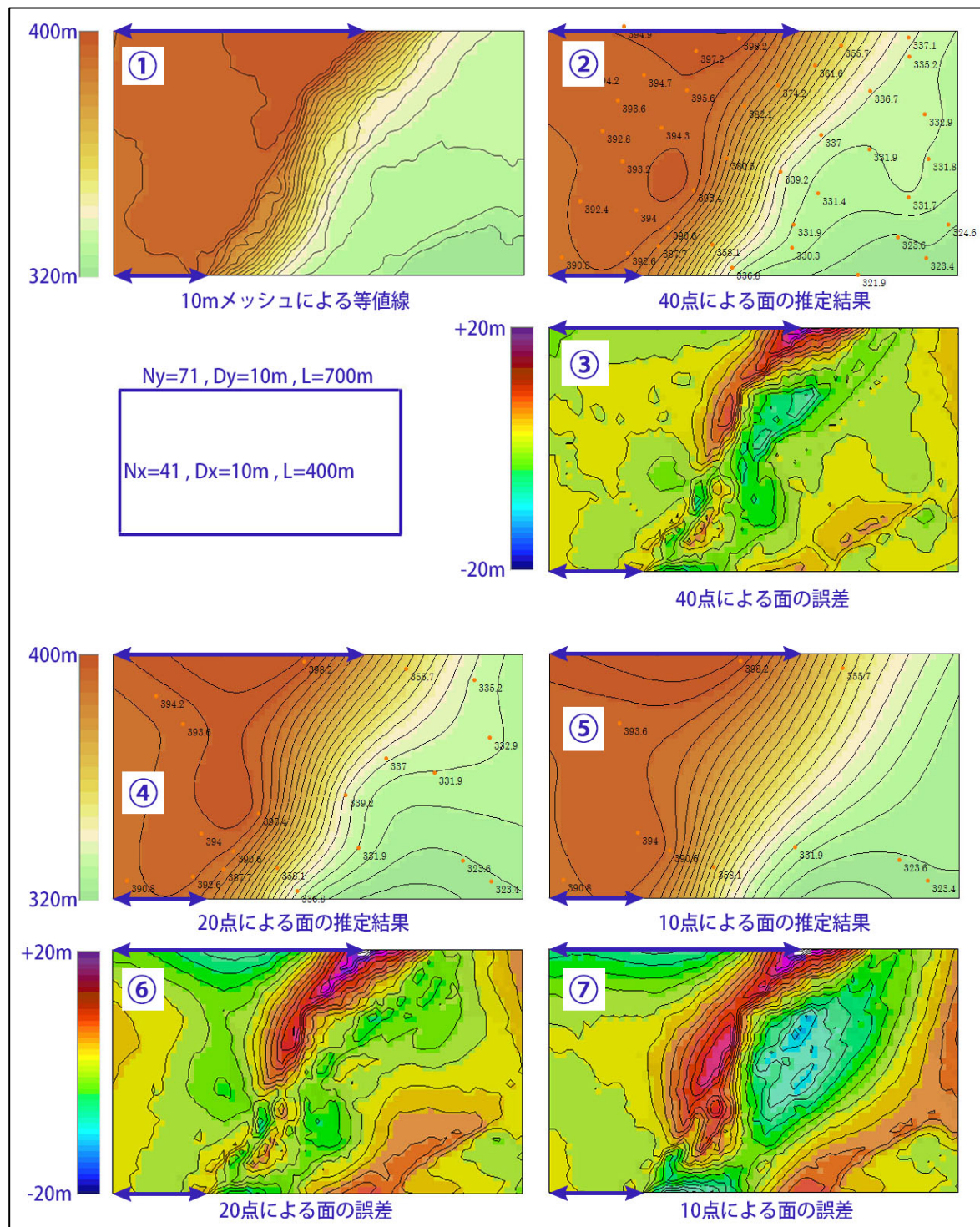


図 3-46 3次元曲面推定におけるボーリングの位置による影響 (イメージ)

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)

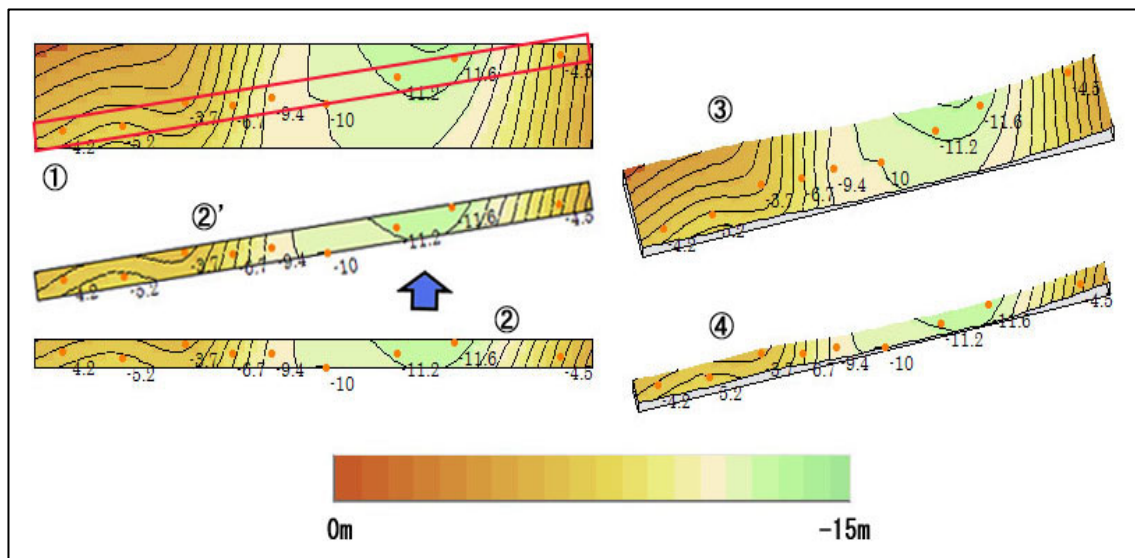


図 3-47 線状範囲による影響（イメージ）

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。

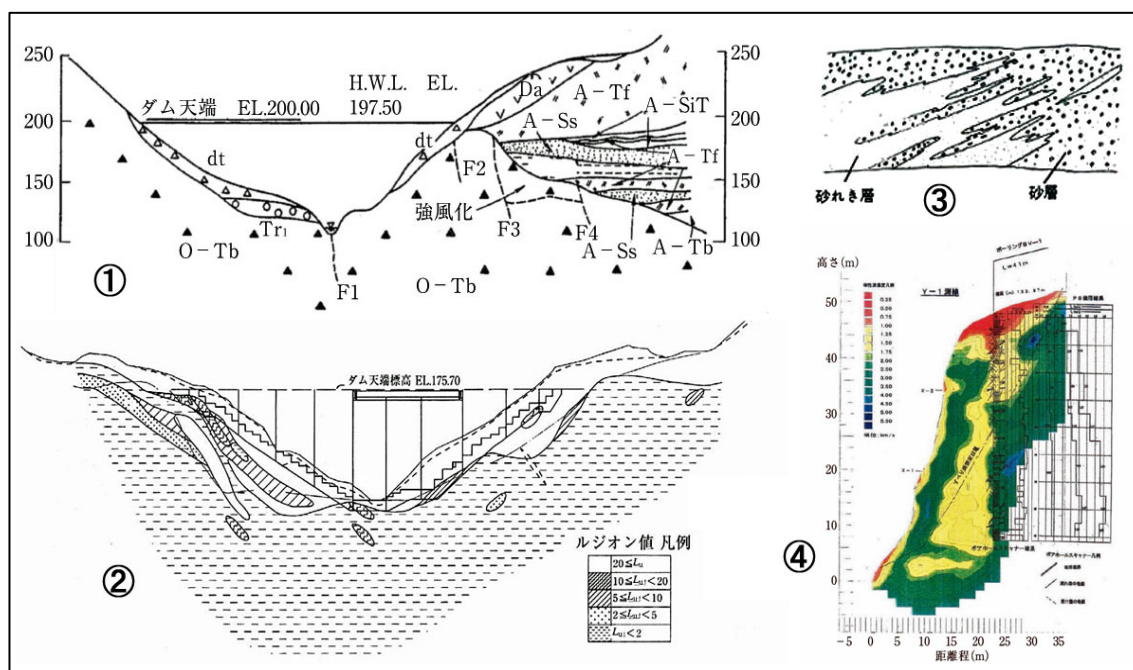


図 3-48 現時点でサーフェスモデルの作成が難しいと考えられる地質構造の例（イメージ）

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 3-15 に示す。

表 3-15 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	リット	
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 次元地質解析マニュアル Ver3.0 (Ver.3.0.1)」(3 次元地質解析技術コンソーシアム)