３次元地質解析技術の
標準化コンソーシアム準備会

報告書

2016 年 10 月

目 次

１．はじめに ---------- ２

準備会の背景・目的

検討方法・結果

２．提言 ---------- ４

３．提言の解説 ---------- ５

【参考資料】

資－１）用語集

資－２）「標準化すべき項目」の詳細

資－３）アンケート様式

資－４）アンケート集計結果

１．はじめに

準備会の背景・目的

建設事業では、地盤（地質）リスクの低減・解決のため、様々な地質モデルが要求される。3 次元地質モデルは、地形、地質境界、断層、分離面、風化・変質、岩級区分境界、物性分布、地下水などの分布・構造を表現/可視化するための“3 次元電子データ”であり、近年、地盤(地質)リスク評価・3 次元シミュレーション・3 次元設計・CIM（Construction Information modeling/management）等に用いられる場面が増加している。

このような状況において、3 次元地質モデルの品質と信頼性の確保が喫緊の課題である。これまでのところ、3 次元地質モデルの品質基準は未整備であり、品質と信頼性の確保は、地質技術者及び事業者の判断に委ねられているのが現状である。今後、CIM 等の普及・本格運用にあたり、品質が確保されていない 3 次元地質モデルが流通した場合には、地質解析技術のみならず、地質技術者、ひいては業界の信頼低下をも招く恐れがある。

3 次元地質解析技術は、3 次元地質モデルを構築するための手段であり、この技術を実現・支援するために様々な専用ソフトウェアが存在する。しかし、3 次元地質モデルの品質と信頼性の確保は、専用ソフトウェアのみでは解決することはできず、技術標準化や技術認定制度の確立などの根本的な枠組みの検討が必要である。

これらの検討をおこなうには、3 次元地質解析技術は技術進歩が著しい ICT(情報通信技術)を活用していることもあり、開発期間の短縮や予算拠出に柔軟に対応可能なコンソーシアム方式による活動が望ましいと考えられる。

「3 次元地質解析技術の標準化コンソーシアム準備会」は、コンソーシアム設立の必要性と検討課題を速やかにとりまとめることを目的として、2016 年 4 月～9 月の約 6 ヶ月活動した。本準備会は、建設事業のニーズに直面する 3 次元地質解析の実務経験者（18 企業）より構成され（表-1)、3 次元地質モデルを生産する立場から問題点・課題等を抽出し、コンソーシアムの役割や目標について検討した。

検討方法・結果

検討に際しては、まず、参加企業における 3 次元地質解析技術の実務経験や適用事例を収集した。事業分野が分類できる適用事例は 500 件にのぼり、このなかから代表的な 82 件についてアンケート調査（参考資料参照）をおこない、具体的な問題・課題を抽出・分析した。さらに、検討内容を品質問題や基準化、技術継承・教育の内容に細分し、短期間で提言をまとめるためにクラウドプロジェクト管理サービスを利用して意見交換や集約・調整をおこなった。

検討の結果、3 次元地質解析技術における方法論・品質管理・技術標準化・技術普及に至るまで様々な問題・課題を抽出した。これらを解決し本技術を取り巻く外部環境変化に対応するために必要な４つの事項について提言する。

表-1 準備会参加企業

企業名※	担当者	備考
(株)アサノ大成基礎エンジニアリング	千葉　俊弥	
(株)エイト日本技術開発	渡辺　俊一	
(株)愛媛建設コンサルタント	吉岡　崇	
応用地質株式会社	西山　昭一	幹事会社
川崎地質(株)	栃本　泰浩	
川田テクノシステム(株)	豊田　純教	
基礎地盤コンサルタンツ(株)	福井　謙三	
興亜開発(株)	梅津　幸治	
サンコーコンサルタント(株)	向井　理史	
(株)シアテック	眞鍋　泰徳	
(株)ジーベック	白鳥　正浩	
株式会社ダイヤコンサルタント	木村　仁	
大和探査技術株式会社	世森　祐一	
中央開発(株)	森田　祥子	
東邦地水(株)	寺地　啓人	
(株)日さく	堀　信雄	
(株)パスコ	小俣　雅志	
(株)ワールド測量設計	花本　孝一郎	

※五十音順

２　提言

【提言１：3 次元地質解析技術の将来像を作る】

3 次元地質解析技術は、CIM/i-Construction による建設事業の高度情報化によって、ニーズの増加が見込まれる。さらなる当該技術の利用拡大を目指すには、この技術を建設事業のライフサイクル全体に貢献できる技術に昇華させ、新たな視点で事業を創出する必要がある。そのためには、3 次元地質モデルの有用性を証明し、安定した供給体制の構築や当該技術の将来像を見据えた取り組みが必要である。

【提言２：3 次元地質解析技術を普及させる】

3 次元地質解析は、ICT の発達により地質技術者にとってリーズナブルな技術となりつつあり、地質の複雑な我が国において地質リスクの対応（排除・回避・低減・共有・保有など）を支援するために有用な技術になることが期待されている。当該技術の有効性・必要性を積極的に発信し普及させるためには、技術マニュアルや品質基準書の作成、技術教育、専用ソフトウェアの適用性評価が不可欠である。また、3 次元地質解析を適切に実施できることを担保する資格が現時点では存在しないため、専用の技術資格制度の必要性について検討する必要がある。

【提言３：3 次元地質解析技術の信頼性を向上させる】

3 次元地質モデルの具体的な作成方法や品質管理･妥当性評価は､用途･要求レベルも様々ななかで、現状では経験的手法や作成者・利用者の主観に依存している。さらに、3 次元地質解析技術には多くの問題・課題が存在し、3 次元地質モデルの品質が一定にならない要因となっている。このような不安定な状況は望ましいことではなく、問題・課題を可能な限り解決し、品質が確保され要求性能を満たす 3 次元地質モデルを安定して供給できる仕組み作りが必要である。

【提言４：3 次元地質解析技術を標準化する】

3 次元地質解析技術を普及させ、品質の確保された 3 次元地質モデルを安定供給するためには、3 次元地質モデルに係るデータの整理・分類方法から品質管理、ワークフロー、モデルの評価、表現、再利用方法などを検討し、これらを取りまとめた技術マニュアルや品質基準書の整備が必要である。これらを整備するためには、3 次元地質モデル構築の基本となるフレームワークと従来の土木地質図作成法との共通点や相違点を整理・分析するとともに、地質事象個々を 3 次元モデル化する際の着目点や方法論などについて検討し、3 次元地質解析技術を標準化する必要がある。

３　提言の解説

【提言１：３次元地質解析技術の将来像を作る】

３次元地質解析技術は、CIM/i-Construction による建設事業の高度情報化によって、ニーズの増加が見込まれる。さらなる当該技術の利用拡大を目指すには、この技術を建設事業のライフサイクル全体に貢献できる技術に昇華させ、新たな視点で事業を創出する必要がある。そのためには、３次元地質モデルの有用性を証明し、安定した供給体制の構築や当該技術の将来像を見据えた取り組みが必要である。

（１）事業分野における３次元地質モデルのニーズ

３次元地質モデルは、トンネル・道路建設，資源・エネルギー関連，斜面防災など様々な事業分野からのニーズがある。アンケートによる事業実績の集計では、トンネル・道路建設（124 件）が一番多く、以下資源・エネルギー関連（97 件）、斜面防災（70 件）などとなっている（図-１）。

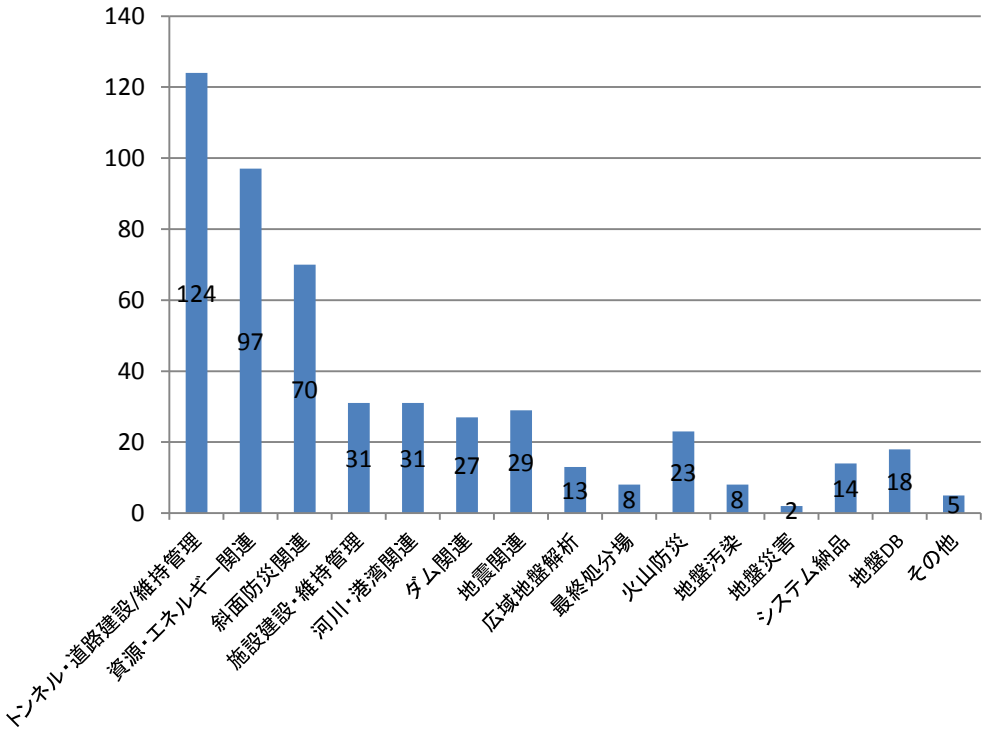


図-1 ３次元地質モデルを適用した事業（500 件）の内訳

この中で「トンネル・道路建設」と「資源・エネルギー関連」２つは、３次元地質モデルを必要とする状況が対極的である。

前者は、トンネルであれば坑口斜面問題、湧水・地下水問題、切羽の安定、自然由来重金属等、道路であれば切土法面、盛土の安定等の地質リスク解消・軽減を目的に地質モデルが活用される。しかし、トンネルは施工規模に対して十分な調査量が確保できていないことが多いため、事前の地質調査結果は参考に留められ、施工時に得られる地盤情報（先進ボーリング、切羽前方探査、切羽地質観察など）を活用する場合が多い。道路も詳細設計や施工が始まってから発現する地質リスク（斜面変動、基礎沈下等）に直面した際に、対策検討用にモデル化する事例が多い。これらは、地質リスクの発生に応じて3次元地質モデルを利用する“保守的な用途”といえる。

後者は、石油プラント、各種電力施設、エネルギー開発などが対象であり、シビアな設計を求められるため地質調査量も必然的に多くなる。事業者側も膨大な地盤情報を有効に活用しようとする意識が高く、事前に地質リスクの有無や規模・影響を想定するために3次元地質モデルを必要とする“先行投資的な用途”といえる。

以上のように、建設事業によっても3次元地質モデルを利用するきっかけや意識に違いがあることに留意すべきである。

（２）事業段階における３次元地質モデルのニーズ

アンケートによると、3次元地質モデルを構築した事業段階は「詳細設計」が最も多い（図-2）。これは「詳細設計」の段階になると工費・工事に直接影響する地質リスクが顕在化して検討すべき内容がクリティカルになるため、また、調査データが充実してモデル化に利用できる内容を持つデータが揃うため、と考えられる。

支持層やN値などの物性分布情報にもニーズがある（巻末資料参照）。これは軟弱地盤が多い日本の地質特性を背景にしているためと考えられる。なお、アンケートによる事例分析はモデル構築側より得られた情報であり、今後は、構築されたモデルを使用する側（発注者・設計/施工者）の意見も合わせて整理・分析することが望ましい。

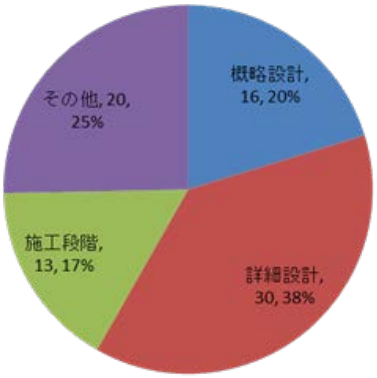


図-2 3次元地質モデルを適用した事業段階（全79件）

（３） CIM/i-Construction と３次元地質モデル

少子高齢化に伴う労働力の減少、地域経済の活性化など、我が国が抱える様々な課題に対応するために、ICT の利活用は大きく期待されている。我が国は、世界最先端の ICT 基盤を備えており、この基盤を建設産業にも有効に利活用する必要がある。

建設産業では CIM/i-Construction などの施策により、ICT を積極的に活用することによって、建設生産システム全体の生産性向上を図り、より魅力的な産業へと変革していこうとしている。CIM においては、調査から設計、施工、維持管理、更新・解体まで３次元モデルを共有しながら改善を繰り返すことで、間違いや手戻りを削減し、省力化や効率的な事業推進、維持管理を可能にして費用対効果を最大化することが理想である。技術の進歩やハード・ソフトの性能向上に伴い、我々を取り巻く環境が従来のやり方から次のステップへと進み、新しい生産環境へと移行する変革期にあることを認識する必要がある。

そして、地質そのものが大きなリスクとして捉えられる場合には、一定の規格やルールに従った３次元地質モデルをすべての関係者が共有することは建設事業にとってメリットが大きい。CIM/i-Construction による建設事業の高度情報化を追い風に、今後３次元地質解析技術のニーズが増えることが見込まれる。

（４） 建設事業の流れと３次元地質解析技術

地質調査は建設事業の流れ（図-3）においてどの段階においても切り離せない要素であり、すべての段階において３次元地質モデルが関与できる可能性がある。しかし、本準備会で収集した３次元地質モデルの適用事例によると、設計・施工段階で全体の７割を占めている（前掲図-2）。現状では、３次元地質解析技術が適用されている事業段階には偏りがあるといえる。

今後、公共事業予算の縮小やインフラの老朽化から、事業の重心は設計・施工より維持管理、更新・解体に軸足を移していくことが予想される。事業予算配分に生じる変化は、地質調査のニーズにおける質と量や、地質調査事業者の競争にも影響を与えると考えられる。

以上の状況より、３次元地質解析技術を建設事業のライフサイクル全体に貢献できる技術に成長させ、事業変化をも見据えて適用事業の拡大を図る必要がある。

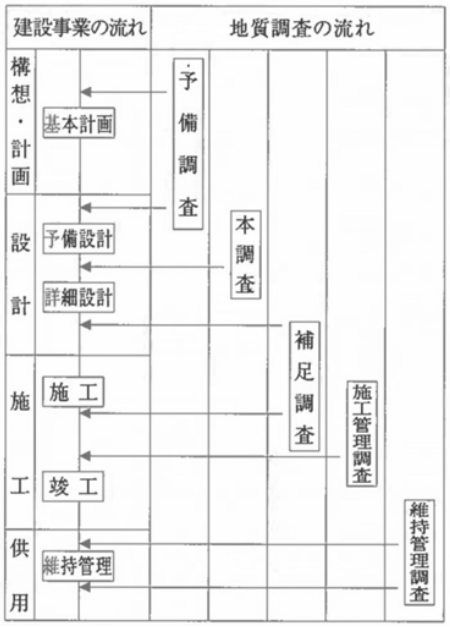


図-3 建設事業の流れに対する地質調査「改訂地質調査要領」全地連

（５）3 次元地質モデルの有用性

3 次元地質モデルの積極的な利活用を促すには、その有用性を証明することが求められる。3 次元地質モデルのメリット・デメリットについてまとめると以下のようになる。今後は、構築されたモデルを使用する側（発注者、設計/施工者）の意見も踏まえ、様々な場面での有用性を示していく必要がある。

【メリット】

◆3 次元空間を 2 次元の図面を駆使して表現してきたものが、本来の姿（3 次元）として表現することで、より直感的な理解を得ることができる

◆対象構造物と問題になる地質構造などの関係が把握しやすくなる

◆数値解析用モデル・設計用モデルの構築などが容易になる

◆様々な見せ方ができる表現力を持つ

◆データ管理が容易になる

【デメリット】

◆モデルの着眼点によって切り捨てられるものが存在する

◆要求事項や着眼点により同一の対象から異なるモデルができ得る

◆情報の受け手と発信者にモデルを解釈する基準が必要となる

◆モデルに推定を含む場合は既知点から離れるほど不正確になる

【提言２：３次元地質解析技術を普及させる】

３次元地質解析は、ICT の発達により地質技術者にとってリーズナブルな技術となりつつあり、地質の複雑な我が国において地質リスクの対応（排除・回避・低減・共有・保有など）を支援するために有用な技術になることが期待されている。当該技術の有効性・必要性を積極的に発信し普及させるためには、技術マニュアルや品質基準書の作成、技術教育、専用ソフトウェアの適用性評価が不可欠である。また、３次元地質解析を適切に実施できることを担保する資格が現時点では存在しないため、専用の技術資格制度の必要性について検討する必要がある。

（１）３次元地質解析技の実施環境

３次元地質解析技術は、生成過程の異なる多種多様な地質事象を理解したうえで、３次元空間の電子情報として ３ 次元地質モデルを構築するものである。その作業自体は、専用ソフトウェアを用いておこなわれる。近年、ICT の発達や PC の性能向上に応じてモデル化の範囲・規模が拡大し、表現できる地質事象も増えてきている。有償・無償の専用ソフトウェアが増え、地質技術者にとって利用環境が整い選択の幅が拡大している。

しかし、その利用実態としては、高機能であるがゆえに習熟に時間が必要なもの、対応できる地質事象に得手不得手があるものなど一長一短がある。性能不足をカバーするために複数の専用ソフトウェアを使い分けている場合も多い。

選択の幅が拡大するがゆえに、専用ソフトウェアについては、モデル化の対象や利用目的を念頭に置いた適用性評価が必要と考えられる。

（２）３次元地質解析技術に必要なスキル

３次元地質解析をおこなう技術者は、地質リスクを判断・評価できる能力に加えて、３次元の情報処理技術を理解・習得している必要がある。アンケートによると、地質関連の技術資格を持つ技術者自らが ３ 次元地質モデルを構築する事例と、その技術者の監督・監修によりオペレータが作業を担当する事例が多い。

（３）３次元地質解析技術に必要な資格

３次元地質モデルの一定の品質を確保するためには、それらを安定供給するためのチェック機能や、品質の責任を担保する仕組みが必要であり、技術資格制度はその一つと考えられる。現状、３次元地質解析に関係する資格としては地質情報管理士がある。しかし、地質情報管理士は ３ 次元モデリングの知識・経験は基礎的なものを要求するのみで、地質モデルをどのように考えて構築するかのスキルは評価できない。

地質リスク判断に関わる既存資格としては、技術士、RCCM、地質調査技士、地質リスク・エンジニア（GRE）があるが、これらの資格では３次元地質解析の技術的な内容に対応することは困難である。

技術資格を 3 次元地質モデルの品質確保手段の一つとして捉えるならば、3 次元地質解析の専門的な内容に対応できる新たな資格制度の創設が望まれる。“3 次元地質解析技術資格”の創設後は、資格の取得と継続教育により品質を担保することが望ましいと考えられる。

一方で、本準備会では新資格の創設について意見が分かれた。資格創設を急ぐよりも、技術教育により実務的なレベルの普及を進め、中長期的に新しい資格制度を導入するのが現実的であるとの意見が多い。地質系学科出身者は図面作成の相応の訓練を受けていることや、資格がなくても矛盾のない地質構造が構築できれば良いという見解もある。“3 次元地質解析技術資格”については、今後様々な面で検討を深めるべきである。

【提言３：３次元地質解析技術の信頼性を向上させる】

３次元地質モデルの具体的な作成方法や品質管理・妥当性評価は、用途・要求レベルも様々ななかで、現状では経験的手法や作成者・利用者の主観に依存している。さらに、３次元地質解析技術には多くの問題・課題が存在し、３次元地質モデルの品質が一定にならない要因となっている。このような不安定な状況は望ましいことではなく、問題・課題を可能な限り解決し、品質が確保され要求性能を満たす３次元地質モデルを安定して供給できる仕組み作りが必要である。

（１）３次元地質モデルが要求される性能

３次元地質モデルが要求される性能は、主に次のようにまとめられる。

①客観性

３次元モデル特有の表現力を活用し、事業目的や段階に応じて適切でわかり易く表現する必要がある。空間認識力には個人差・経験差があり、利用者の意識を統一し合意形成を図る手段としての性能も求められる。しかし、作成者の伝えたい情報が表現できる面を持つ一方で、これらはときに主観的でもあるので、客観性を保持したモデルである必要がある。

②利便性

専門的な解析に特化したモデルでは、その目的で使う場合には利便性が高いが、他の目的で使おうとすると利便性が低くなることが多い。使用する側も利用しやすい汎用性のある３次元地質モデルであることが望ましいが、費用や時間的制約によりこれが困難な場合は、利用目的や適用限界を明確に示すことが必要である。

③信頼性

３次元地質モデルは事業目的に応じた精度・品質が必要であり、その信頼性を保障できなければならない。また、モデル構築に使用した元データを含めて、地質モデルの修正や更新を可能とするトレーサビリティを確保することも、モデルの信頼性を高めるものになる。

（２）３次元地質モデルの品質確保に関する問題・課題

アンケートによる意見を集約すると、３次元地質モデルの作成方法、品質管理、妥当性評価には、次のような問題・課題がある。

①作成方法

- 地質事象に適切なモデル推定手法が決まっていない
- 専用ソフトウェアの選定基準がない
- データの互換性に注意が必要である

②品質管理

- モデルを作るための入力データの品質基準がない
- モデル自体の品質を管理する手段がない
- 技術者の能力差がある

③妥当性評価

・モデルの妥当性を評価する基準がない

・モデルの利用に際して供給者と利用者の共通認識をとる必要がある

このように、3 次元地質モデルの品質基準が存在せず、モデルを構築する担当者・事業者が独自の基準や経験的手法で進めている実態は、憂慮すべきである。

（３）3 次元地質モデルの品質確保手段

3 次元地質モデルの品質を確保するための手段としては次のようなものが考えられる。今後検討を進め、3 次元地質モデルを安定して供給できる仕組み作りが必要である。

①品質限界の明示

・データの質および量と、そこから構築できるモデルの関係を整理し、品質限界の目安を作る

②照査要領・リストの作成

・品質項目、要求性能、作成手順などを網羅するような実効性のある照査リストを検討する（3 次元地質モデルの品質を担保し、それを発注者に説明するために標準的なもの）

・定量的な基準値（参考値や推奨値）を検討する

③専用ソフトウェアの適用性評価

・目的/対象毎の適用性を評価（推奨）する

④技術教育

・推奨技術者レベルを提案する

⑤PDCA の観点を取り入れる

P：適切な作業手順の構築

D：段階ごとに必要な検査や確認事項

C：モデリングのトレーサビリティや、レビュー、妥当性の確認（照査）

A：ハード・ソフトや技術者、手順や工程等の変更改善が対象

【提言４：３次元地質解析技術を標準化する】

３次元地質解析技術を普及させ、品質の確保された３次元地質モデルを安定供給するためには、３次元地質モデルに係るデータの整理・分類方法から品質管理、ワークフロー、モデルの評価、表現、再利用方法などを検討し、これらを取りまとめた技術マニュアルや品質基準書の整備が必要である。これらを整備するためには、３次元地質モデル構築の基本となるフレームワークと従来の土木地質図作成法との共通点や相違点を整理・分析するとともに、地質事象個々を３次元モデル化する際の着目点や方法論などについて検討し、３次元地質解析技術を標準化する必要がある。

（１）標準化の必要性

３次元地質解析技術の普及を進めるためには、本報告書で示す問題・課題の解決・改善に取り組み、技術マニュアルとして、ワークフロー、品質管理、空間補間の選定、評価方法などが標準化されている必要がある。また、３次元地質解析技術の標準化と普及および事業化は一体に進めることが望ましい。

（２）標準化すべき項目

３次元地質解析技術の標準化に必要と考えられる検討項目を下記に示す。各項目の詳細な内容は参考資料に示す。

①モデル化の目的と要求性能【参考資料－２①】

３次元地質モデル化の目的は対象によって概ね下記の３つに分けられる。ユースケース分析により、目的毎の要求性能を整理・分析する必要がある。

a）事業に関わらず様々な用途に使用する

b）事業内で多目的に利用する

c）具体目的に絞って利用する

②ワークフローの構築【参考資料－２②】

３次元地質モデルを構築する流れのなかで重要と思われる作業段階を下記に示す。品質管理に配慮した標準的なワークフローがあれば、モデル化の目的や作業の効率性・生産性を考慮し、適宜組み替えによる利用も可能である。３次元地質解析の標準的なワークフローを構築する必要がある。

a）モデリング計画

b）データの品質管理

c）モデルの構築

d）モデルの品質管理

e）事前事後の説明・協議

③入力データの品質管理【参考資料－２③】

3 次元地質モデルを構築するための入力データの品質管理は、モデルの品質評価やトレーサビリティを確保する手段として、3 次元地質解析には必要不可欠である。さらに、モデルの更新に配慮し、入力データは再利用できる状態に整理・保存・継承されている必要がある。入力データの品質管理は、下記の３つに分けて検討することが望ましい。

a）実データ

露頭・ボーリングなどの地層境界位置・走向傾斜が確定できるもの

b）解釈データ

地質断面図・平面図・地層等高線図などの地質境界線・コンター情報

c）補填データ

境界面モデルなどの形状をもっともらしく整形するために追加するもの

④空間補間法の選定指標

離散的なデータから 3 次元地質モデルを作成するために使用するのが空間補間法である。全ての地質事象を一つの空間補間法で再現できるものではないので、様々な空間補間法の特性を考慮し、地質事象毎に適した手法を選定できるような指標を検討する必要がある。

⑤3 次元地質モデルの評価基準

そもそも「理論地質学」が未発達であり、3 次元地質モデルの構築の裏付けに使えるレベルになってはいない。3 次元地質モデルの妥当性評価は、地質技術者の“こうあるべき”という思想に沿う形状になる、定性的な判断基準に依存しているのが実態である。定性的な評価であっても、提供者・利用者間で共通理解を得られる評価基準が必要である。

（３）土木地質図と 3 次元地質モデルの共通点と相違点

3 次元地質解析は、土木地質図（断面図・平面図等）を作成するための地質解析と同じように、調査で得られた実データから地質生成過程、地質構造発達史を考えながら 3 次元地質モデルを作り上げていく作業である。3 次元地質モデルと土木地質図には、地質学的背景を考慮するプロセスに本質的な違いはないが、両者の構築手段と着眼点には違いがある。

3 次元地質モデル構築の基本となる規則・構造・思想（すなわちフレームワーク）と、従来の土木地質図作成法との共通点や相違点を明らかにすることで、3 次元地質解析技術の理解が深まり、改善・改良すべき点も見つけやすくなると考えられる。

相違点として、3 次元地質モデルは従来図化されていなかった空間（断面図間）にもモデルを分布させることになるため、従来の地質解析で 2 次元断面上だけの補間で済ませていたような構造も、3 次元空間における広がりとして再現する必要がある。そのためには、地質モデルの形状をコントロールするための補填データの作成が必要となり、そのルールや

テクニックの考え方は従来の地質解析より幅広いものになっている。

他にも、3 次元地質モデルには、従来の土木地質図にみられる曖昧さ（指交関係、実データの分布範囲外のぼかし等）を表現することが難しいことや、反面、複数パターンのモデル（地質リスクの面でいう楽観的・悲観的地質図など）を短時間で作り得る可能性を持つ。

（４）地質事象をモデル化する際の着目点・注意点【参考資料－２④】

地質事象の持つ特性により 3 次元地質モデル作成に苦労したケースとして、埋没地形、旧河道、第四系地盤、漸移帯、逆転構造、複合面、貫入岩、レンズ、断層、亀裂、人工地盤など多数の事象がある。これらの地質事象は混在し互いに影響し合うことも多く、個々の特性を捉えたうえで、もっともらしいモデルを作成するための着目点・注意点を明らかにしていく必要がある。

（５）3 次元地質モデルの属性情報

「全地連　CIM 対応ガイドブック-地質調査版-」では、3 次元地質モデルを利活用するための課題の一つとなる属性情報について次のように示している。

「属性情報は設計・施工へと受け渡されることにより、より合理的で経済的なプロジェクトの実施を可能とするために作成・利用される。属性情報は、単に地盤の地質・物性のみならず、モデル自体を含めたデータが、どの 1 次データの何を根拠として、どのような判断によってモデル化されたか、そのモデルの持つ精度はどの程度か、再現・更新の可能なデータかなどを、他の作業者が理解できる情報であることが理想」

以上のように、属性情報は 3 次元地質モデルの安定供給に不可欠な要素といえる。さらに、3 次元地質モデルは、入力データの品質や情報量によりその信頼性が変わるため、トレーサビリティの確保が重要である。3 次元地質モデルの属性情報として何を選定し、どのように関連付けあるいは表現し、情報の変質・損失がないように継承させるための具体的な内容の検討が必要である。

（６）3 次元地質モデルの積算基準

3 次元地質モデルの具体的なケースや事例に基づき、事業への費用対効果や標準的歩掛りなどの数量的根拠を示すことが必要である。特に、標準的歩掛りは、事業段階における概略モデルから詳細モデルに至る流れや、修正モデル・更新モデルに係る経費の透明性、および技術の対価の妥当性を示すものであり、3 次元地質解析のワークフローにおける積算基準として検討する必要がある。

【参考資料】

資－１）用語定義

■3 次元地質モデル

地形、地質境界、断層、分離面、風化・変質、岩級区分境界、物性分布、地下水などの分布・構造を表現/可視化するための“3 次元電子データ”

■3 次元地質解析

3 次元地質モデルを構築するための手段。この技術を実現・支援するために様々な専用ソフトウェアが存在する。

■CIM（Construction Information modeling/management）

CIMにおける3次元モデルとは､単にコンピューター上に構造物を表現するだけではなく、地形・地質情報、材料・部材の仕様・性能・数量、コスト情報等の実構造物としての属性情報、調査から施工・維持管理段階における計測情報、および各種履歴情報の集合体を3次元モデルで構築することを目指すものである（｢全地連 CIM ガイドブック」より)。

■i-Construction

「ICT の全面的な活用（ICT 土工)」等の施策を建設現場に導入することによって、建設生産システム全体の生産性向上を図り、もって魅力ある建設現場を目指す取組（国土交通省 HP より）

■クラウドプロジェクト管理サービス

複数の企業等で共同のプロジェクトを進める場合に、プロジェクトの情報を効率よく共有・把握し、意見集約するクラウドサービス

■フレームワーク「枠組み」

仕事の方法や開発、意思決定などの基礎となる、範囲、制限、規則、構造、思想などの集合体

資－２）「標準化すべき項目」の詳細

①モデル化の目的と要求性能

モデル化の目的は対象によって、概ね次のように分けられる。

a）事業に関わらず様々な用途に使用する

様々な目的に利用可能な汎用性の高い地質モデルである。

b）事業内で多目的に利用する

事業の種類（山岳トンネル、開削トンネル・掘割、大規模切土、造成、地下空洞、ダム、斜面防災、建築物基礎など）に応じて構築し、その事業内で下記 c）に示すような様々な目的に利用する。

c）具体目的に絞って利用する

例えば、液状化評価、支持力評価、揺れ易さ評価、地すべりの安定性評価、岩盤崩壊リスク評価、地下水水理特性評価などの具体的な地質リスク評価を目的とする

＜具体的な地質リスク評価の例＞

・液状化評価

液状化対象層、地盤強度、地下水位（観測時期・方法、帯水層等を考慮）など

・支持力評価

支持地盤分布、支持層の起伏や傾斜、軟弱層の分布と地盤強度、など

・揺れ易さ評価

地震基盤深度・形状、地盤強度分布、浅層土層構成など

・地すべりの安定性評価

弱部の分布、弱部を規制する地質事象、地下水位、微地形など

・岩盤崩壊リスク評価

微地形、弱部の分布、亀裂系、風化深など

・地下水水理特性評価

シミュレーション、透水性・境界条件などに影響を与える地質、地下水位など

②ワークフローの構築

3 次元地質モデルを構築する流れのなかで重要と思われる段階を下記に示す。

a）モデリング計画

モデルが対象とする地質事象やモデルの種類によって作成方法が変わるため、着手時にその都度モデリング計画を立てる。計画を立て作業期間や費用を概算で見積り、モデル化の流れを示し発注者と協議し合意を得てから作業に着手する。発注者はモデル化の流れを知らない場合が多く、その場合はヒアリングにより地質モデルを作る目的や具体的な用途、モデル化の対象、必要な解像度、納期などの情報を引き出さなければならない。

b）データの品質管理

モデル構築に用いるデータの精度や座標基準はまちまちであり、空間座標や精度をチェックする必要がある。整合性のないデータは棄却するか、原本データまで遡ってチェックし、必要があれば修正する。

c）モデルの品質管理

コンターを出力するなどして作成したサーフェスモデルの形状に歪みが無いかチェックする。3 次元可視化し入力データと重ね、大きな誤差が無いかを平均値などで判断し、自然な形状かを目視してモデルの妥当性をチェックする。モデルの評価は地質技術者や発注者との協議で決めることも多い。

d）事前事後の説明・協議

発注者・設計担当社とのモデルの品質や解像度、簡略化などについて協議する。モデル化はコンピュータ・グラフィックス製作や、全自動でできるものではないことを発注者にわかってもらう必要がある。

③入力データの品質管理

入力データについては下記に分けて議論を進めることが望ましい。

a）実データ

露頭・ボーリングなど地質調査によって得られた地層境界などの位置・走向傾斜

b）解釈データ

地質断面図・地質平面図・地層等高線図など地質技術者の解釈によって作成された地質境界線・コンター情報

c）補填データ

境界面の形状をもっともらしく整形するために3次元地質モデル構築の過程で追加するもの

例えばb）に示す地質図面だけで地質モデルを作成することは拙速である。地質断面を作成した地質学的思想や使用された地盤情報の位置関係や精度、地質構造・構成、地形・地質形成史の理解が、地質図面を読み解くために必要である。離散的なデータから地質境界のサーフェスモデルを作成するためには空間補間法を適用して計算させているが、モデルをもっともらしい形状にするためには、適切な c）補填データを作成する必要がある。これは 3 次元地質解析独特のテクニックでもある。空間補間処理をおこなうツールは、入力データの整理・分類に決まった手続きを踏むことも理解する必要がある。

④地質事象をモデル化する際の着目点・注意点

モデル化の問題に直面した地質事象における着目点・注意点の例を下記に示す。

a）地形

等高線による地形モデル化の限界、等高線に必要な補填データ、LP（航空レーザー測量）・写真測量の限界・精度、陥没地形、海底地形

b）埋没地形

現地形が参考になる、谷底・谷壁・斜面脚部の形状、地形形成営力、ノッチ、崖錐

c）岩盤斜面

自然斜面と人工斜面、不安定ブロックと斜面型、LP・写真測量データの利用、分離面を規制する地質要因、3 次元スケッチの入力データ化

d）旧河道

河道中心の認定、河川勾配や川幅の配慮、流路変化、次数の増加と川幅の関係

e）第四系地盤

層相区分・時代区分、大境界と小境界、グルーピング、互層の扱い、シーケンス層序、堆積プロセスの反映、層位学的視点、整合・不整合、工学的区分、物理的特性、異方性、水理特性、砂脈

f）漸移帯

指交表現の意味、平均的境界、安全側の視点

g）逆転構造

褶曲、褶曲軸の設定、面の分割、ねじれ表現、二次元図による照査

h）複合面

一連の同時代面で形成営力が異なる、同時代地形面の認定、面モデルの合成

i）貫入岩

火道の推定、周囲の断裂系、貫入岩内部の亀裂系

j）レンズ

挟在層、チャネル、ルジオンマップや岩級区分の表現

k）断層

断層帯、雁行表現、断層の端部処理、変位量

l）亀裂

自然露頭・人工露頭の違い、ボアホール解析による面構造の扱い、統計的処理

m）人工地盤

盛土・埋土・切土の違い、地盤改良、施工記録・設計図の読み方、幾何学性

n）地盤強度

3 次元補間、ボクセル表現、地層への物性割り当て

o）地下水

不圧/被圧地下水の考え方、水位変動幅、実測値の評価、水圧表現、流線

資－３）アンケート様式

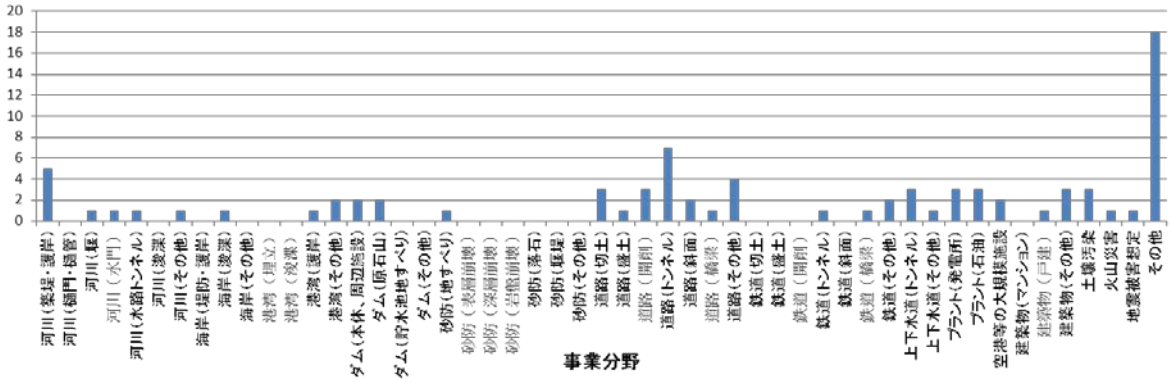
1件1シートに記入

答えられる範囲で入力してください。わからない部分は飛ばしてください　入力欄：数量的に多いものや強調したいものについて上位３つまで選択・入力してください

No	項目	細項目	入力欄1	入力欄2	入力欄3	入力欄（自由記入）	解説
1	事業分野						リスト選択
2	事業段階						リスト選択
3	モデル作成時期						リスト選択
4	地盤モデルの用途						リスト選択
5	地盤モデルの利用者						リスト選択
6	地盤モデルの対象	地質年代層序					リスト選択
7		地層層群名					任意入力
8		地盤モデルの種類					リスト選択
9		地形モデルの数					リスト選択
10		地質境界面モデルの数					リスト選択
11		地層モデルの数					リスト選択
12		地下水位面モデルの数					リスト選択
13		物性モデルの数					リスト選択
14		その他地質モデルの数					リスト選択
15		特筆すべき地質状況					任意入力
16	地盤モデルの規格	モデル化範囲	東西 約 0 m	南北 約 0 m	最大深度 約 0 m		おおよその数字入力
17		地形モデルの形態					リスト選択
18		地形モデルの解像度	0 m	0 m			数字入力：グリッド方式の場合のメッシュサイズをm単位で
19		地質モデルの形態					リスト選択
20		地質モデルの解像度	0 m	0 m			数字入力：グリッド方式の場合のメッシュサイズをm単位で
21	入力データ（地盤モデルの材料）の内容	地形データの種類					リスト選択
22		地形データの品質チェック方法					任意入力
23		地質データの種類					リスト選択
24		地質データの電子化の有無					リスト選択：上欄と対応させる。モデリングに直接利用する観点で（PDFは
25		ボーリングデータの数					リスト選択
26		地質データの品質チェック方法					任意入力
27	モデルの構築方法	地形モデルの作成アルゴリズム					任意入力
28		地形モデル補間アルゴリズムの選定理由					任意入力
29		地形モデルの照査方法					任意入力
30		地質モデルの作成アルゴリズム					任意入力
31		地質モデル補間アルゴリズムの選定理由					任意入力
32		地質モデルの照査方法					任意入力
33	トレーサビリティ	報告書への作業フローの記載					リスト選択
34		報告書へのモデル作成方法の記述					リスト選択
35		報告書への補間パラメータの記録					リスト選択：後に他者が引き継いだ場合に再現できるかの観点
36		品質評価記録の有無					リスト選択
37		ボーリングDBの利用					リスト選択：モデルとのリンクがとれているか（自動・手動によらず）
38		地質図面DBの利用					リスト選択：モデルとのリンクがとれているか（自動・手動によらず）
39		パラメトリックモデリングの採用					リスト選択
40	モデリングに関する内容	作業期間					リスト選択
41		作業のルーチン化					リスト選択
42		モデル構築担当者の役割					リスト選択
43		モデル構築担当者の資格					リスト選択
44		モデル担当者は現場を見ているか					リスト選択
45		要求精度を満たすモデルを作ることができたか					リスト選択
46		時間を要した部分					任意入力
47		苦労した点・問題点					任意入力
48		ブレイクスルー					任意入力
49	成果品について	顧客の反応					リスト選択
50		納品方法					リスト選択
51		納品データ					任意入力
52		作業の継続性					リスト選択：業務として継続したか
53	得られた教訓						任意入力

資－４）アンケート集計結果

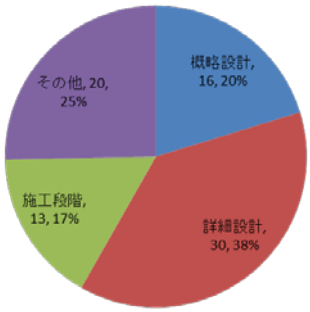
3次元地質解析を適用した事業分野



全82件

【補足】
・入力欄1のみ集計
・「その他」に分類される自由記入欄：地中熱(2)、地盤データの管理(3)、治山(1)、高規格幹線道路

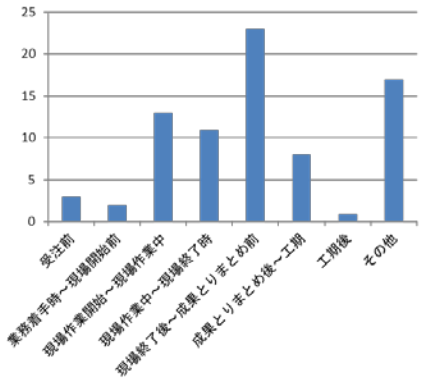
3次元地質解析を適用した事業段階



全79件

【補足】
・入力欄1のみ集計
・「その他」に分類される自由記入欄：豪雨災害(1)、完成後(1)、調査段階 (1)、データ蓄積(3：事業分野「地盤データの管理」)

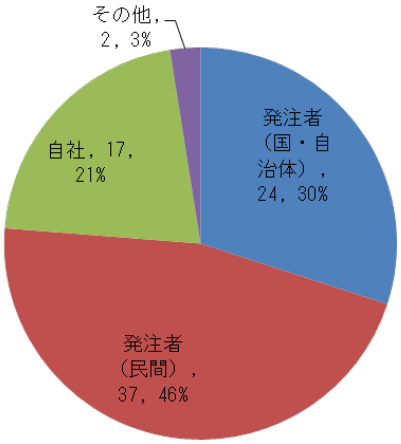
3次元地質モデルの作成時期



全78件

【補足】
・入力欄1のみ集計
・「その他」に分類される自由記入欄：データ蓄積(3：事業分野「地盤データの管理」)、モデル構築目的(4)

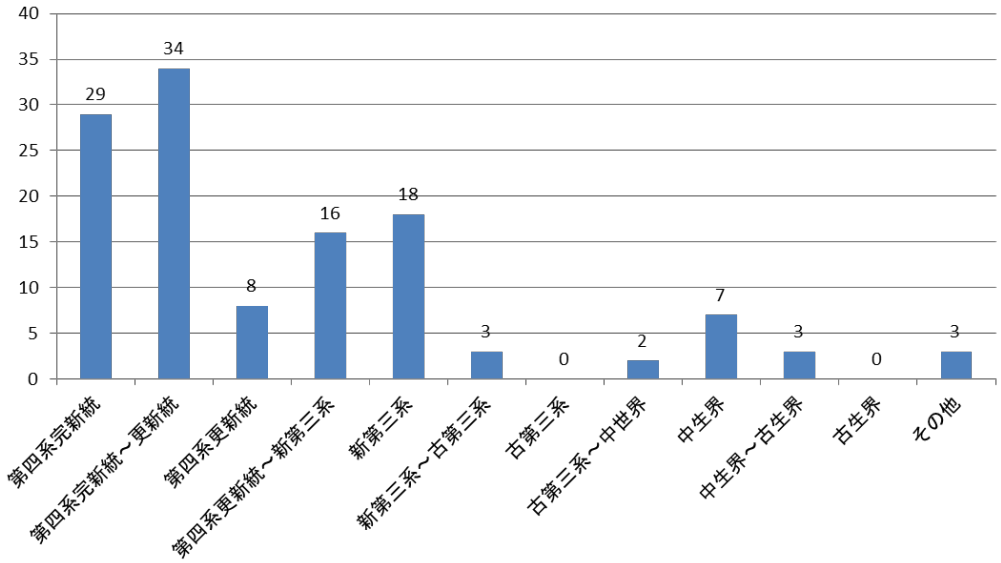
3次元地質モデルの利用者



全80件

【補足】
・入力欄1のみ集計

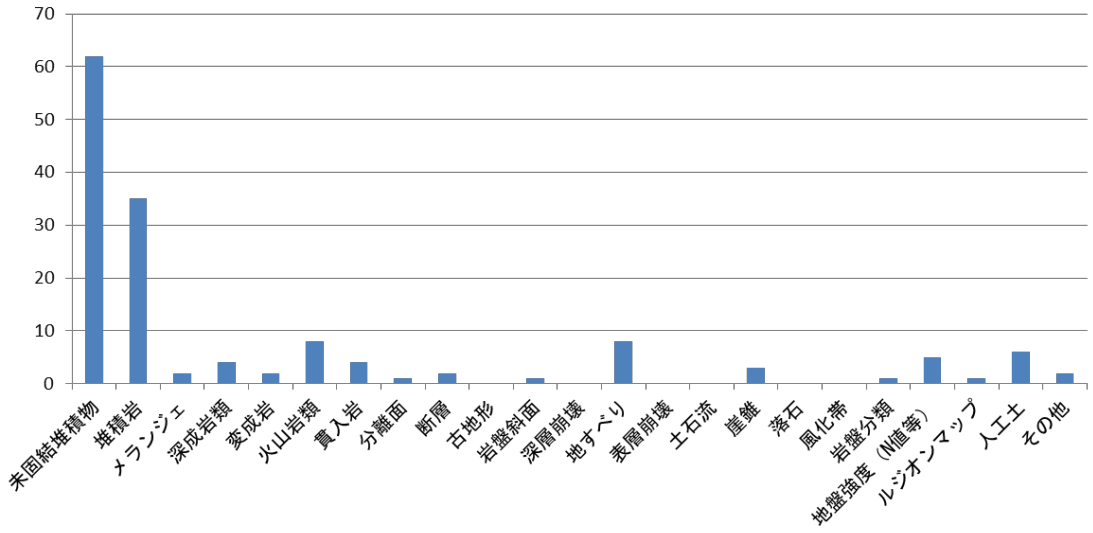
3次元地質モデルの地質年代層序



全123件

【補足】
・入力欄1～3の総数を集計

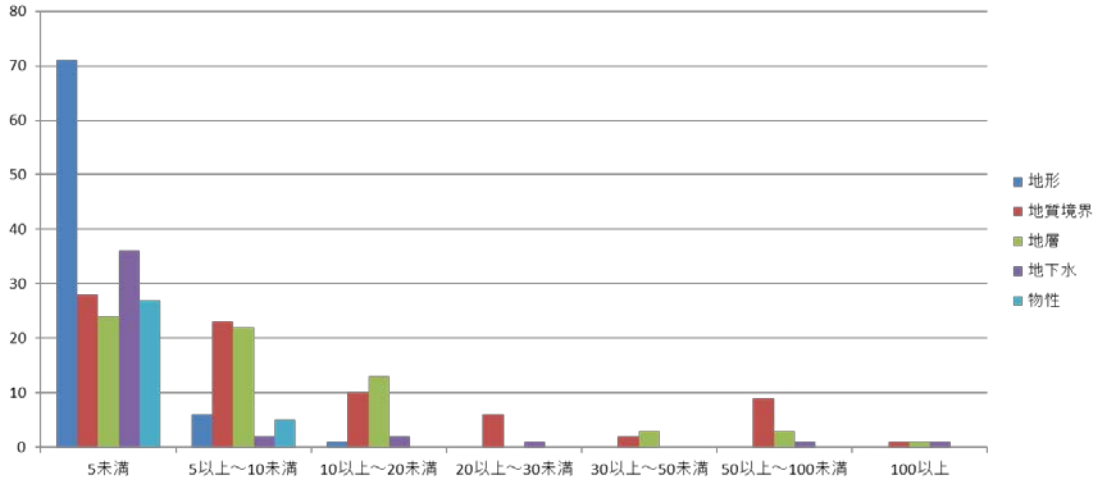
3次元地質モデルの種類



全147件

【補足】
・入力欄1～3の総数を集計

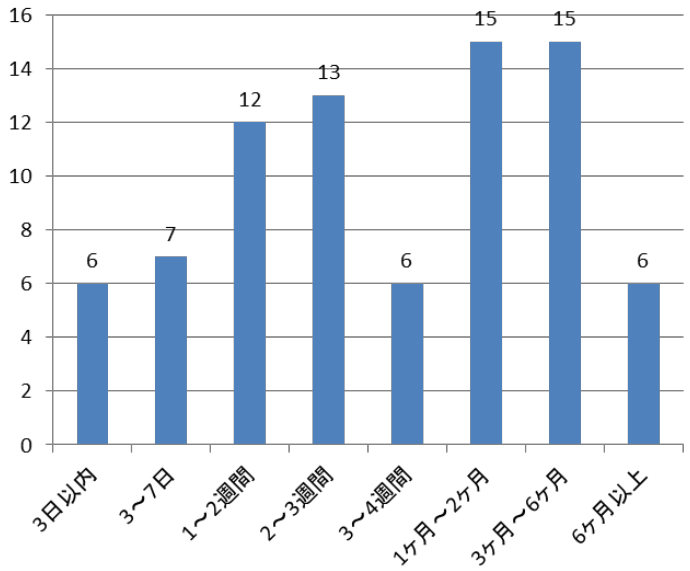
一つの業務で構築した3次元地質モデルの数



地形：全79件、地質境界：全82件、地層：全81件、地下水：81件、物性：80件

【補足】

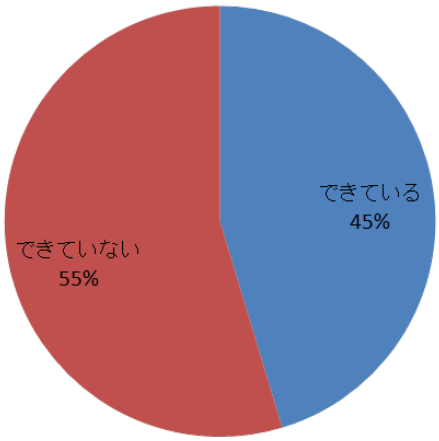
3次元地質モデルを構築する作業期間



全80件

【補足】

3次元地質解析作業のルーチン化



全80件

【補足】

作業時間を要した部分

全般
ソフトウェアへの慣れ
3次元モデルの作成自体
データの内外挿
どのようなモデルを作るかの検討
モデルを可視化し形状の妥当性をチェック・修正する作業
解析モデル作成
解析用メッシュ作成
外部委託
既存モデルの修正
広域で解像度をあげるとハングアップするため、現有機での最適解像度を見つけ出すまでにトライアンドエラーを繰り返した
発注者側コンサルタントとの調整

データ整理・作成・チェック
xmlの入力とボーリング位置合わせ
データとモデルのチェック
データの入手と整理
ボーリングデータの作成 紙→電子データ
基となる断面図の作成
基準点の整合
既存ボーリングの地質区分見直しと電子化
古い地形図の入手
古い柱状図と新しいものとの整合性の確認
紙ベースのコンターから標高データを起こす
推定断面のグリット配置
貸与されたCAD地質平面図のインポート
断面の交点不一致の解消
地質縦断図の体裁
埋立層の入力
入力データとの整合性およびモデルの形状
入力データの読み取りと電子データ化
入力断面の整合性チェック

地形モデル
AD変換したデータから等高線データを選別して標高を設定する作業
LPデータの処理と地形モデル作成
海底地形
崖の上下など地形形状の再現性を良くする作業
丘陵地、平坦地を含む凹凸のある地形
地形CADの等高線データへの標高設定
地形データのつなぎ方の判断と指定のための補助データ追加
地形データ入力
地形のデータ密度の調整
地形モデルの整合
地形モデル作成
陥没をモデルで可視化するところ

作業時間を要した部分

地質モデル
すべり面のモデル化
すべり面の形状決定、押え盛土の規模の決定
ボーリングデータが少ない地点における地層境界の作成
ボーリングデータとの整合性
ボーリングデータのない地点の境界面の作成
ボーリングデータ解析
メランジ中の特筆地質体のモデル化
モデル計算処理
レンズ状地質体のモデル化
各火山岩の層序と流下方向への層厚の表現の調整
基底面の幾何形状
境界面の妥当性
激しく褶曲した地層分布
広範囲では推定面が多くなると、PCがとまる
山体内部の確からしさ
全層計算と入力断面の整合性チェック
層厚変化を考慮した断層変位量の表現
層序の再検討(矛盾する断面を整合させるため)
側方連続性
地質対比、対比修正
貸与された手書きの地質断面図の解釈
断層間の関係の整理
断層構造の再現
地下深部の幾何形状
地質モデル-構造物の計算処理、地層ソリッドの計算処理
地質屋の感覚を表現する線描画
地層境界の妥当性の確認
地層区分
地表付近の薄い未固結堆積物層の分布
柱状図とモデル地質区分チェックシートの作成
柱状図の位置合わせ
溺れ谷の形状のモデリング
地盤モデル化に対する発注者との協議と説明
物理探査結果のモデルと地質モデルとの整合性
土層の分布範囲、連続性の判断

その他モデル
工事での盛土と構造物の整合性のモデルへの反映
計画盛土形状(曲線あり)のCADデータからの三次元化
護岸のモデル化
構造部のモデル化
三次元有限要素法モデル作成
施工計画構造物モデル作成
地層モデルから解析モデルへのデータ引渡し

苦労した点・問題点

地形モデル
２次元のCADデータコンタから、３次元地表面を作成
２種類の地形データの間、地形CAD内の複数のデータソース間の標高分布に乖離があった
CADコンターの無い地形形状のモデル化
LPデータのハンドリング
ステレオペア写真を用いて任意に陥没地形を作成した箇所
既存成果の断面測量と、国土地理院の地形データのずれが大きかった。
地形CADのデータ量が極めて多く、分割しないと読み込みすらできなかった
地形CADはモデル化領域をカバーしていなかった
地形データが、河川横断と整合しない
地形データの粗密が大きくデータ密度の調整が必要だった点
地形データの粗密の調整も含めたバランスの取り方に苦労した
地形に細長い連続した高まりがあるが、単純連結では適切につながらなかった点
地形図及びAD変換の品質が余り良くなかったため、データの切り分けに苦労した
当初使用した地形図の基準がやや曖昧であったため、モデルにずれが生じた
要求される地形モデルが繊細で地質モデルが追いついていかないこと

地質モデル
工学系技術者の断面図はあまり層序を考えていない
向斜、背斜の形状が適切に反映されていない（データ不足）
2断面の間で断層が消滅しており、その位置について判断と決定が必要だった点
入力データとの整合性およびモデルの形状
PCスペックが低く、境界面計算の度にメモリ不足に陥りPCの再起動が必要になる
ソフトウェアの計算誤差が大きく、ボーリングデータと数cmのズレが発生する
ナップ状の付加コンプレックスの下限に関する情報がほとんどないため，地表地質分布，地表付近の構造に基づく推定に時間を要した
ボーリングデータが多く，それら1本1本との整合性と地質断面の交点の両方を満足させること
ボーリングデータの精度を定量的に評価できない
ボーリングデータの地域的かたよりにより、３次元の推定に必要な断面配置が適切でなかった。
ボーリング密度が低い中、地質構造の推定に関してのコンセプトが異なったため、何度もモデリングの修正を求められた
モデル化作成領域に対して，調査対象範囲が狭く，基底面の不陸が著しい
モデル作成領域が広く，解像度が高いため，計算・微修正に時間を要する
モデル作成領域に対して地質断面図が少なく，側方連続性の推定に時間を要した
レンズ状のはさみ層の存在
推定面がバタつき、きれいな面ができなかった
レンズ状地質の範囲指定
鉛直に分布する砂脈のモデル化

地質モデル
横ボーリング効果のモデル化
火山体内部構造の確からしさをもたせること(ボーリングデータがある地区に偏っている・地質断面もない)
海上部のみに分布する地層なので、護岸・陸上部の地層とのすり合わせ部分の入力、確認。
概ね断面上にしかボーリングがない。
各地質断面との整合
各地層境界面の整合性確保処理
基底面の幾何形状に関する情報はなく，地表で確認された層厚情報および地表での褶曲構造のみ
境界面ごとにコンターマップを書き出しているだけなので断面図を切りなおすのはひと手間いる
現場担当者が想定する境界面との相違(ボーリング数が少なく，ほぼ全ての土質断面図はほぼ水平に描かれている)
交差箇所が多くなった。グリット中心での推定面の凹みが発生
広範囲の基盤を図化する必要があった
杭位置での支持層の厚さを、発注者にどのように見せるか
砂泥互層の対比の確認にも苦労した
実現象との整合
蛇行する埋没谷底の推定
縦断図と横断図の不一致の解釈
谷を挟んだ、低地の堆積層の連続の再現
断層が多く、地質境界が細切れになっていて、パーツごとのデータが少ない点
断層構造の再現に伴う補間データの入力
断面図の境界線をコントロールポイントとしているため、断面の間で面の形状が発散する。この発散を解消する作業が手間だった
地質モデル-構造物の計算で、ソリッドが壊れたり、計算できなかったりした
地質解析が一度終了した時点で線形が変わり断面図を切りなおす必要が生じたため作成
地層の傾斜だけでなく、走向も変化する上に、褶曲軸はプランジしているため、地層の連続性を解釈するのが大変
地表付近の未固結堆積物層の分布を地質図上の境界線と合わせるのが大変
柱状図とモデル地質区分チェックシートの作成の半分が手作業でありケアレスミスが頻発した
柱状図位置が正確でない。図面に手描き
提供された地質断面図の交点が合わない
提供柱状図の標高ミスや座標違いによる大きな作業手戻り
溺れ谷の面に相当するデータが少なく、形状の検討に苦労した
投影ボーリングによる地質断面図のため、三次元的な不適合が多い。断面図の地質境界は殆どモデル計算に使用できない
当初は既存モデルと同じ補間法を使用するはずだったが、補間パラメータが開示されず断念
二次元で円弧すべりであったすべり面を三次元で構築
凡例が無く、各境界線が何を示すのかを解釈しなければならなかった
埋積された谷形状の再現
埋没段丘の範囲決め。段差の斜面の整合。一部エリアに存在する層の範囲決定
溶岩流の不自然な、凹凸が推定面として、許容できる精度かどうかの判定

他のテクニカルな内容
水路トンネルのモデル化
3Dで描かれたCADではなく、インポートするとオブジェクトがバラバラになった
軌道盛土のモデル化
座標定義・表現が、ソフトによって違う点
PCスペック不足によるモデル作成中のフリーズ
PCの処理が追いつかないと強制終了となる
PCの性能、作業環境に制限があり、作業効率があがらない
PCの能力が低く、フリーズしてやり直すことが多かった
アプリケーション操作の習得
コストの最小化
ソフトが重く、操作に時間がかかる
ソフトによるチェックには限界がある。入力ポイント間等
ソフトの使用回数を増やしなれる
データ量が多いため、しばしばソフトがダウンした
データ量の増加に伴うメモリ不足
ハイスペックPCを導入したにも関わらず、要素数が多いモデルリングで止まってしまった
パソコンの性能が低い
ボーリングの位置精度が低いものがあった
メッシュの効率的作成
メモリ不足に陥りPCの再起動が必要になる
モデルのトータルサイズが大きくなり、試用したツールでは重すぎて三次元可視化すらできない
よくフリーズしました
横断図から三次元化
解析ソフトの制限を考慮して、モデルの節点数、要素数のバランスのとれた解析モデルを作成すること
解析ソフトを扱うためのPCのスペックが低く、モデルの表示に不具合がでることがあった
解析は5mメッシュとあらく、設計図面への連携がない
解析用モデルサイズの妥当性
外部委託
起動するごとに、平面図などの色調が変化する
空中写真、実測平面図を取り込んで表示させると、位置、形状が全く合わない
計画構造物を考慮した有限要素モデルの作成
計画道路のモデル化
古いデータの緯度経度の精度が低く、異なった場所に表示される
古いデータは緯度経度のデータがない
広範囲でデータのハンドリングに時間がかかる
手書きの柱状図で、PDFも不鮮明だった。住所表記が古く、現況と合わなかった
水抜き工の効果反映
盛土の高さを全部入れると、構造物と整合しなくなった
精度のよい電子データがない
設計図面の読み取り
全ての作業を一人でこなすには時間がない
多くの断面交点に微妙なずれがあり、修正が必要だった
対策工のモデル化
調査データが古い報告書をスキャンしたものしかなく、読み取りが大変であった
入力が手作業であり、人手勝負

ブレイクスルー

品質基準に関するもの
モデルの微修正を細かく繰り返す
基準点のズレを修正してモデル修正
解析ソフトのグループ分け機能を活用して、要素ごとに確認した。
広範囲の物性データ可視化ツールの使用
高さや周囲との整合性のないものを無視。
作成したサーフェイスを、コンタ表現でチェックした。
他のソフトウエアにて可視化しモデルの妥当性をチェック
発注者・設計担当社とのモデルの簡略化の協議
地質断面図がモデル化に不適切なことを示し、三次元モデルを正本として設計に用いることを了承された

地質事象に応じた適切なモデル化手法
ボーリングデータ，現況の河川等に基づき推定
ボーリングデータ，反射面の速報連続性等をもとに分布形状を推定
レンズ部の上下で、地質区分を分割
河岸線からoffsetして埋没段丘面を範囲決め。補填ポイントの使用
火山研究者・物理探査技術者との意見交換
既往の地質調査文献を参考とした
現場担当者との連携
国土数値情報を使用することによって起伏の少ない部分のデータ編集を省力化した
層厚と褶曲構造をもとに幾何形状を推定した
複数の考え方で比較→影響範囲から距離－水位の関係をモデル化し、メッシュに反映
付加コンプレックス中に分布する衝上断層の形状を，地帯構造区分及び地表地地質分布に基づき推定しモデル化
微動アレイ探査で基盤面をクロスチェック
当該地質体分布域の地質構造発達を考慮して，地質断面図間の分布形状を推定しつつモデル化した
柱状図の深度勾配と地形の谷傾斜から埋没谷底を推定
地層(帯水層)を単純な形状にモデル化した

技術認定
何度もやり取りを行い、摺合せをし、最終的に意見の相違がある部分は、地質屋としての意見の違いによるものとした。
地質担当者へのモデリング講習でレベルUP
適切なタイミングで地質担当技術者との連携
地質担当者との協業、同じツールを用いてのコミュニケーションによる作業合意

ソフトの性能評価
メーカーに改善依頼、現在は地道に変形、位置合わせ処理で対応
メーカーに確認すると、PCのスペック、グラフィックボードの相性とのこと
メーカー担当者に来てもらい、何度も教えてもらいました
構造解析に特化した専用モジュールを導入。
高スペックのPCを利用を検討
高性能WSの導入
地層解析に特化した専用モジュールを導入。
導入出来得る最大メモリ・スペックのPCに乗り換えた。

その他 テクニカルな内容
3次元ポリラインの作成は、手でなぞった
エクセルで計算式を組んでDEM作成
エクセルで膨大な計算式を組み入れて、可視化しながらメッシュ計算
グリッドデータを測量CADに入れて断面図作成
こまめに保存する
サーバー内での作業ではなく，PSハード内での作業に変更した
バッチ処理にてデータチェックと計算時間の短縮化
ボーリングデータとの関連付けにより、ひも解いた。
ボーリングの亀裂の円板モデル作成の自動化
マンパワー。区間分けを行い、要所でチェックを実施。
モデル作成の際，分割モデル化した
モデル作成後に元データに合わせて修正・無補間でモデル化
モデル作成領域を4分割して作成。領域の境界付近は同一の入力データを使用することにより整合性を確保した
案内図の取り込み。ビルの名称やgooglemap、古い商店街の地図を利用。
基盤のコンタ図があったため、あえて推定境界とせず、コンタからサーフェースを作成した。
杭モデルに目盛を刻み、地層内に視点を置いた透視図を多数添付
構造物や法面のコンター推定(マンパワー)
差をとる順番を変えたり、構造物を作り直した。
三次元地盤DBの利用
事務系の人員も動員しデータ入力の手とした
自社CADオペによる再編集
手順の確認、モデルの解像度を下げる
植栽部分の周囲より高い盛土は2点しか指定がないため無視した。
図学的に対策工範囲を一律水位低下
他ソフトウェアでの地形モデル作成
断面押し出しモデルと、平面図3次元化を合成
地形のデータ密度を減らすため一部をグリッド状の点まで簡略化
地形図、現地状況からコンターを推定
地形図データ(インターネット)から再判読
地質対比作業を地質単元毎に複数の人員で並行作業で行い作業時間を短縮した
地質帯に分けて複数PCにて分割計算した
地質断面の交線上にコントロールポイントを設定
道路計画・法面のコンター作成
標高断面の地層分布と杭位置を図示
平面図データから再判読
補助断面の配置
補助的な断面を作成し、データの補間とした。

得られた教訓

三次元地質モデルの要求性能に関するもの
メッシュ作成時には、対策工法をある程度想定したうえでのモデル作成が重要。
モデルのオリジナルデータを閲覧できない発注元へ納品する場合はデータ形式等に工夫が必要。
モデル境界部での地層面をもっともらしくするためにモデル範囲外にもコントロールが必要
三次元モデルを意識した断面図の作成
山岳地においては地形と地山内部の構造が可視化できるとより理解しやすくなる
聞くのと見るのでは与える印象が全く違うので、非常に有効だったと思う
目的とする境界面の分布が良くわかるため、今後の調査計画の費用算出等の精度が高まる（深度など）
計画構造物を考慮した有限要素モデルでは、あらかじめ構造物用の節点、要素を設ける必要があり、形状が複雑になりやすい。
地下水汚染の表示に3次元表示を用たため発注者の満足度が高かった
比較的単調な地層構成のエリアであったことから、3Dで表現しても見栄えがしない
普段、地質分野に関係しない人でも地盤の状況が把握しやすい

品質基準構築に関するもの
ボーリング数が多く，密に分布しているほど，最適化原理でのモデル作成境界面と想定地層境界面との誤差が大きくなる
データチェック作業の省力化にボーリングデータベースの必要性をあらためて認識。
各杭位置での詳細な地層境界深度などの数値データを成果として整理するべきであった
ボーリング調査の粗密によって境界面作成の精度が大きく変わるため、見た目が大きく変わる
モデル作成には早め早めに着手し、モデル作成段階でのチェックを多めにし、なるべく作業に手戻りが無いようにする
古い柱状図データは、実際には利用できないことが多い（土質判定、地層区分や記事が？なものがある）
使用する基準点は厳しくチェックする。
地形データの品質は重要である
面的な広がりを持ってボーリング等の調査地点を配置する必要がある。
地質構造解釈が地質担当者によって異なるため、できるだけルーチン化することで差異を最小限にする
品質の良すぎる地形データも考えものである
不陸のある地質体に対しては，ボーリングデータは有効。ただし不確かさはボーリング密度に依存する。
地形図で、スプラインが使用さえれている場合があり、注意が必要
ほとんど入力とチェックの時間
断面図ない箇所のモデル作成には時間がかかりすぎる・専門家が描く断面図に相違があり，全員を満足させることには無理がある
地形データの整合が困難。河川や道路の場合、計画範囲は精度のよい測量データがあるが、地盤モデルを作成する場合はより広い範囲を対象とすることが多い。この場合、計画範囲外は公開データ等を用いるが、計画範囲の測量データとは精度が異なり、整合がとれないことが多々ある。
離散データ（ボーリング）に対するモデルの信頼性を表現する方法の開発が必要
既存データの無い部分（特に外周部）の推定面は、ボーリングするとやはり少し違う
推定面の最大数を考慮して解像度をきめる
モデリング中も調査が進んでおり、常にデータが更新されているため、モデルがいつ時点での入力データを基に作られたものか明確にする。

地質事象に応じた適切なモデル化手法に関するもの
円弧形状の地質構造モデルを構造することは難しい。
深度方向のデータが少ない場合，層厚情報，地質構造，地質構造発達しを考慮して幾何形状を推定せざる得ない。
ボーリング数が少なく，ほぼ水平に地質境界面が引かれている地質断面が多い箇所でのモデル作成には，出来あがるモデルに対する修正が多い
局所的な凹凸を作成する場合は、推定断面を局所的に追加する
推定サーフェイスのコンタ確認は、どの規模でも必要
生成過程・地質構造を考慮して上下関係を明確にする
堆積過程を考慮し、断面では表現できない地質境界形状を再現しなければならない
断面図の境界線だけでモデルを作ることには無理がある。
断面図のみでレンズ状地質体・噴脈の3次元化には限界がある
地質図を作成する手順と三次元地質モデルを作成する手順は同じ
断面図の情報からモデル化できない場合，層厚情報等から推定せざる得ない。 モデル化した境界面の不確かさが大きい。
断層など極端な形状を再現するのは大変
地質断面図をモデル作成に直接用いることは困難。ボーリングの原位置の情報と地質構造の理解が大切
地層面を尤もらしくするためには、モデル範囲外にも適切にコントロールを設定する
地盤モデル化において、解析技術知識や設計基準の考え方では不明な点（特にN値からの地盤定数の推定法）を地質専門技術者から補完してもらった。地質専門技術者の判断により、地盤モデル化を行ったが、設計基準では規定されていない考え方を教わった。地盤解析モデル作成において、工学だけでなく、地質関連の知見・知識を踏まえる必要があることを感じた。
地表付近の薄い未固結堆積物層の分布を地質図上の境界線と合わせるのは困難。
反射断面は必ずしも地層境界と一致しないことを念頭に，各層の弾性波速度を比較し，幾何形状の推定に反映した。
褶曲構造や断層による地層の複雑な分布をモデリングするのは手間がかかる。
部分的に分布・堆積している地層の入力、整合確認も割と大変。
基底深度の情報が少ない場合，地表分布やその規模を基に推定せざる得ない。
土質境界面の考え方は地質境界面とは少し違っている
埋積谷の基盤面を地形斜面から定量的に推定できる手法を確立させたい。
形成年代の異なる付加コンプレックスの構造は，地帯構造の形成過程に係る解釈に依存する。
支持層の変化が著しい箇所での杭基礎設計において，良い情報が提示できた
実測データを固定でき、かつ地質形状を反映できる補間方法の開発が必要
特定の水ミチがある場合のモデル化は困難。何か良い方法がないか？

技術認定に関するもの
解析ソフトの操作や理解不足で多くの時間を要した。
複雑なサイトでは早い時期から三次元処理を導入する方がよい
現場技術者も自分で使えるメリットを認識すると、上達が早くなる
初心者は単純なモデルをつくり、サーフェスがどのようになるか確かめると理解が進む。
適切なタイミングで地質担当技術者との連携で、モデルの速やかな評価や手戻りを低減できる
専門家との連携で、モデルの確からしさをもたせることが可能であること
点データ群および二次元データ群から三次元地盤モデルを自動的に作成することは簡単であるが、その後の技術者による修正が重要であり大変。結局は、マンパワーによるところが多い。

ソフトの性能評価に関するもの
グリッドモデルでは地形・地質境界部の表現に限界がある
3次元モデル化ソフトの機能強化とマシンへの負荷の軽減。
分割したモデルを最後に合成することは不可能である(ソフトウェア上の問題)
オートメッシュは鋭角な三角形メッシュができやすいので要注意
専用のPC購入する
ビュアーでは表示に限界があり、高解像度のモデルは開けない。
戻るコマンドを実行すると、エラーや強制終了するもととなるため、注意が必要である。
当時は写真測量などのソフトも高価で使えなかったが、今後は適切に使用していく必要がある
鉛直の地質体はモデル化できない(CADの性能上の問題)
計算精度の向上が必要
広域な範囲を検討する場合には、目的や精度、使用するPCやソフトに応じてモデルを単純化することが必要である。
同一の地質でも、モデル作成の都合で分割する