

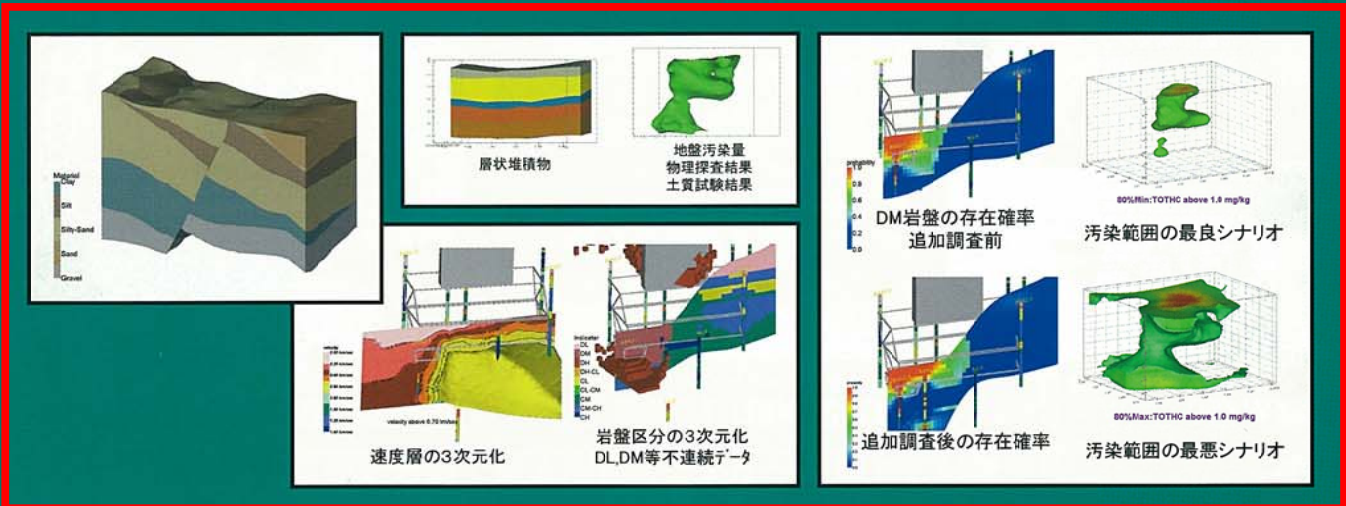
地質調査

'11 第1号
(通巻127号)

編集/ 社団法人全日本地質調査協会連合会

巻頭言 社会基盤整備におけるICTの取組みと今後に期待するもの
熊本大学大学院教授 地盤工学会 ICT委員会委員長 大谷 順

総論 地質調査業におけるICTの取組みと展望について
(独)産業技術総合研究所 地質情報センター 根本達也



小特集「ICTを活用した地質調査業」

軟弱地盤上での近接掘削工事における自動計測事例 橋本和佳

冬期道路気象情報システムによる道路積雪情報のweb公開

松村真一郎・獄元幸雄・梶原耕太郎

斜面モニタリング装置を活用した斜面防災

—迅速に設置できる小型孔内傾斜計の開発— 内村太郎・王 林・Qiao Jian-Ping

ICTを活用した磐田市総合防災情報システム 寺田史郎・伊藤好司・西藤文孝

ICTを活用した地盤情報に関わる新ビジネスへの展開 中田文雄

教養読本 地盤の3次元可視化技術 林 義隆

地盤の3次元可視化技術

はやし 林 よし たか
義 隆*

【Key Word】

可視化, 3次元モデル, 地球統計学, リスク管理, 数値解析

1. はじめに

ICT技術の進歩によって、地質・土質構造や地盤内汚染物質などの3次元可視化は容易になってきている。本稿では、その技術的手法の紹介と3次元技術を使用する上での限界や留意点について解説する。以下では利用者の目的を切り口(視点)として、現在主に用いられている3次元可視化の手法をEVS/MVSというシステムを用いて取り上げてみたい。

2. 切り口その1

一視覚化対象としての視点からー

地質状況の3次元化と土質試験結果などの物理化学情報の3次元化ではその手法が異なる。

①地質データの3次元化

層状構造の場合、地層の上下関係、欠損(削剥・レンズ状分布)が表現できるようなアルゴリズムが必要である。

さらに、必要に応じて、地層名と岩相名の使い分けや、断層など、ブロック的な分割・移動・回転などの機能も場合によっては必要となる。

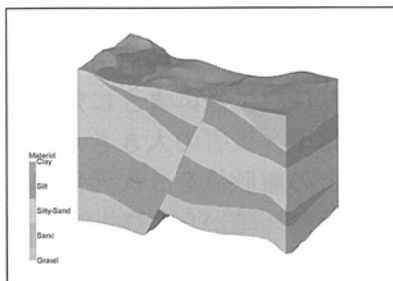


図1 断層とレンズ状地層を含むモデル

②物理化学情報の3次元化

地盤汚染, 大気汚染, 騒音振動, 標準貫入試験

値, 物理探査結果, 土質試験結果などの物理化学情報は、計測地点の3次元座標と計測値をもとに空間的な分布を3次元で補間する。

イメージ的には、地形図(等高線)を作成することと同じであるが、等高線は2次元平面の補間(xy平面上の任意の位置で高さ属性hを推定する)であり、空間データはz方向の分布を加えた3次元での補間(xyz空間内の任意点で計測値kを推定する)が必要になる。

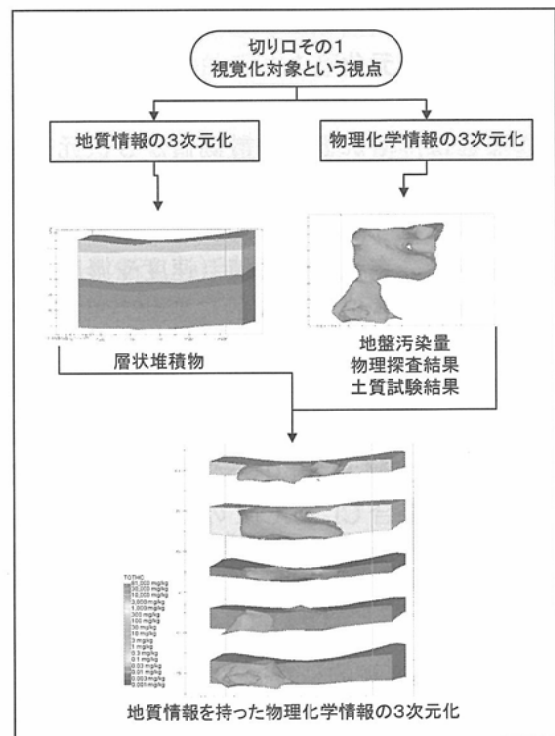


図2 地層モデルと物理化学情報の統合

③地盤情報の統合化

地盤汚染状況, N値, 土質試験結果, 物理探査結果などは、地質情報との関連性が深い。

たとえば、沖積平野の地盤汚染を対象とする場合、砂層, 粘土層, 等の層相ごとに汚染量について

* 有限会社太田ジオリサーチ 技術部

ての情報を整理する必要が生じる。

この場合、3次元化した地層ごとに物理化学情報を関連付けし、利用できるように3次元化した地盤情報の統合化の機能が必要である。

3. 切り口その2

—視覚化手法としての視点から—

物理化学情報は3次元化の視点に立つと、大きく分けて、連続値と離散値に区分され、それぞれで補間の方法が異なる。

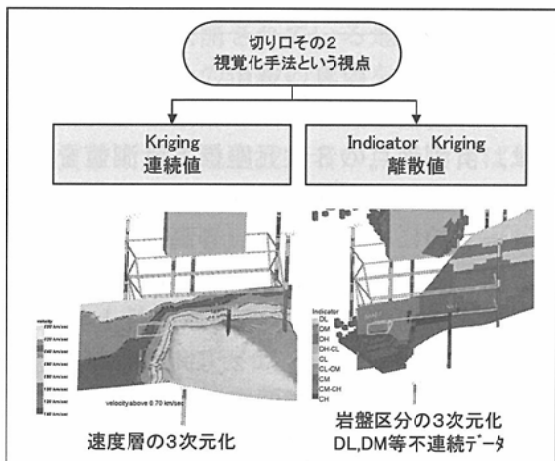


図3 連続値と離散値の3次元化

①連続値の3次元化

たとえば、弾性波速度、汚染物質の濃度、騒音レベルなどは、それぞれの計測値が3次元空間内で連続的に変化していくものである。これらのデータを3次元化した場合、切れ目のない連続した数値となり、等高線でその値（速度や濃度）が表現できたり、色合いを連続的に変化させて、3次元モデルを構築することができる。

②離散値の3次元化

たとえば、ダム岩盤分類では、岩盤の健全度をE, D, CL, CM, CH, B, Aのような記号で表現する。この場合CLとCMの中間の値は存在しない。このような分類結果（離散値）を3次元補間する場合は、インジケータクリギングという手法を用いる。

離散値は、不連続的に空間内で変化するために、その分布状況を等高線で表現することが難しい。一般的には6面体を用いたボックスというモデルで表現するが、4面体を組みあわせてよりスムーズな境界を表現する手法や特殊なアルゴリズムを使いスムーズな境界を表現する手法も開発されている。

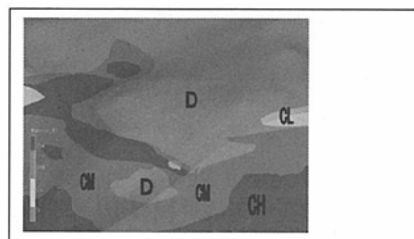


図4 岩盤分類 D級とCM級が接するような離散値であるが、境界が自然なイメージで仕上がっている例

4. 切り口その3

—リスク管理という視点から—

地盤の3次元可視化技術は、単に3次元モデルを作成するだけでなく、リスク管理という新しい概念を業務に導入するツールにもなる。

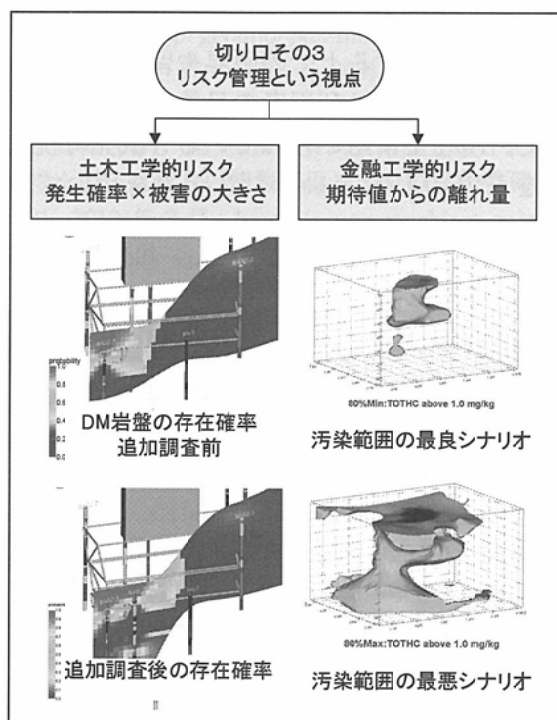


図5 地球統計学的手法を利用した例

①土木工学的リスク評価への活用

土木工学的リスクは次のように定義される。

リスク = 発生確率 × 被害の大きさ

岩盤区分などの離散値を3次元化した場合、推定した岩盤区分の「確からしさ」について、すべての推定箇所、地球統計学的手法に基づき算出される。この算出された「確からしさ」とは、まさに、リスクにおける「発生確率」であり、発生確率の少ないところを追加調査し、「確からしさ」の評価を上げることで、岩盤区分の予想が外れたときのリスク = 追加工事費用を低減させることができる。

②金融工学的リスク評価への活用

金融工学的リスクとは次のように定義される。
リスク＝予想される結果（期待値）の振れ幅（標準偏差）

地盤汚染調査を行う場合、調査位置の取り方で汚染範囲や汚染量の推定が大きく異なることがある。効率的な調査地点の選定を行い、適切な汚染量を推定することはその後の、汚染現場の浄化方法、費用や期間に大きく影響する。

地盤汚染量の推定をする場合、地球統計学的手法を用いて予想される最悪の広がり、最小の広がりを算出し、最も費用のかかる場合（最悪シナリオ）と最も安価に対策が終了する場合（最良シナリオ）を作成し、事業主に説明することが可能である。事業主は浄化対策費用・期間について予想される振れ幅が最も少ない浄化シナリオを選択することが可能となる。

5. 切り口その4

—数値解析という視点から—

地盤情報の3次元化は視覚的、統計学的利用のほか、数値解析のプリ・ポストプロセッサとしても利用できる。

①プリプロセッサとしての活用

有限要素法、境界要素法に用いる3次元地質モデルを作成し、初期解析データ用にメッシュ交点のテキストデータ（XYZ座標及び地層種類）としてファイルに保存することができる。解析に用いるメッシュ形式も種々選択可能であり幅広い活用が行える。

なお、計測値の正確なモデルへの摘要のため、通常のメッシュ区分に加えて、計測箇所にメッシュ交点を自動で作成する機能（Adaptive Gridding）も開発されている。

②ポストプロセッサとしての活用

数値解析を行った結果を、3次元モデル化して、アニメーションや時系列モデルを作成し結果をビジュアルに示すことが可能である。

6. まとめ

本報告で、地盤情報を3次元可視化することは、2次元の断面図や平面図に描かれた情報をわかりやすく、ビジュアルに表現することだけにとどま

らないということを御理解戴ければ幸いである。

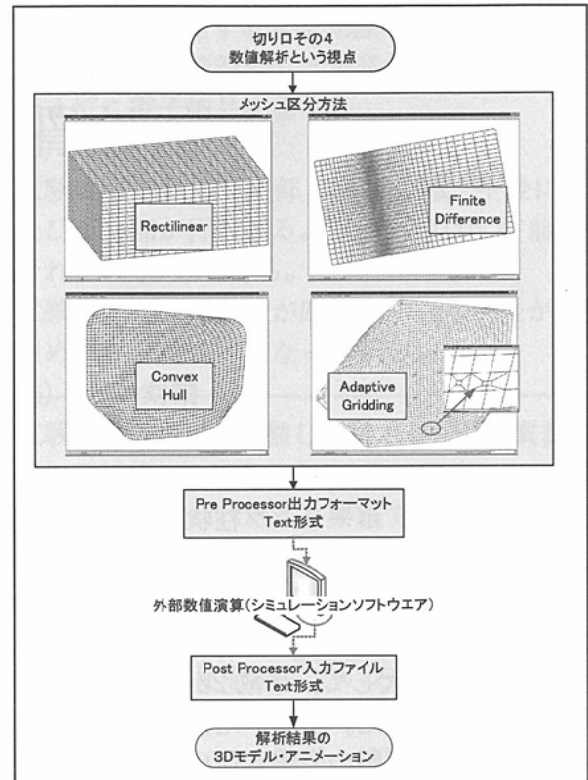


図6 3次元データ構築と外部演算との関係

ただ単に地盤モデルを3D画像にするだけではなく、地球統計学的手法を用いてリスク管理に活用したり、数値解析の基礎データを作り、結果の表示を行うなど、複雑で処理や解析に時間のかかる膨大なデータを、3次元的な処理を行うことによって、有益な情報として技術者のもとによりみが見えさせる“新しい手法”という大きな魅力も含まれているのである。

参考文献

- 林 義隆・太田英将（2008）：3次元モデルを用いた地盤調査リスク評価事例，応用地質，Vol. 48, No. 6, pp 299-303.
- 林 義隆・太田英将・美馬健二（2010）：地盤情報の共有に寄与する3次元可視化手法の取り組み，地盤工学会誌，Vol. 58, No. 5, pp 14-17.
- EVS (Environmental Visualization System),
MVS (Mining Visualization System),
C TECH Development Corporation,
<http://www.ctech.com/>