

首都圏の地質地盤情報データベースと三次元モデルの構築 Construction of geological information data base and 3-D model

木村克己¹⁾, 尾崎正紀²⁾, 水野清秀³⁾, 田辺 晋⁴⁾, 石原与四郎⁵⁾, 高橋 学⁶⁾
Katsumi Kimura, Yasuaki Murata, Masaki Ozaki, Kiyohide Mizuno, Manabu Takahashi

- 1) 独立行政法人 産業技術総合研究所, 主幹 (つくば市東 1-1-1, k.kimura@aist.go.jp)
Geological Survey of Japan, AIST
- 2) 独立行政法人 産業技術総合研究所, 主任研究員 (つくば市東 1-1-1, masa-ozaki@aist.go.jp)
Geological Survey of Japan, AIST
- 3) 独立行政法人 産業技術総合研究所, 主任研究員 (つくば市東 1-1-1, k4-mizuno@aist.go.jp)
Geological Survey of Japan, AIST
- 4) 独立行政法人 産業技術総合研究所, 研究員 (つくば市東 1-1-1, s.tanabe@aist.go.jp)
Geological Survey of Japan, AIST
- 5) 福岡大学理学部地圏科学科, 助教 (福岡市城南区七隈 8-19-1, ishihara@fukuoka-u.ac.jp)
Fukuoka University, Earth System Science
- 6) 独立行政法人 産業技術総合研究所, 主任研究員 (つくば市東 1-1-1, takahashi-gonsuke@aist.go.jp)
Geological Survey of Japan, AIST

地下構造に関わる詳細なデータベースやそれに基づく地盤モデルの作成は、地震防災、都市整備、環境保全などにおいて重要な課題である。しかし各種データ・モデルを生かすためには、それらの内容を高精度なものとし、異なるデータ間の統合を可能にするための情報処理技術の高度化と地質標準の確立が不可欠である。

我々は地質学的見地をベースにおき、地質標準の確立を目的とした調査研究とともに、これまで防災科研、自治体等の協力で得たボーリングデータ約4万本について、高精度化と高度化を課題に情報処理技術の開発、地盤の3次元モデル化の研究を進めてきている。本講演ではそれらの研究手法と研究成果、地盤の3次元可視化の事例、今後の課題について紹介する。

地質情報, 地質図, ボーリングデータ, 3次元モデル, WEB-GIS geology, geological map, borehole data, 3-D model, WEB-GIS

1. はじめに

日本の主要な都市圏が位置する平野の地下には、1600万年にわたる島弧の地殻変動や海進・海退による浸食と堆積作用で形成された、複雑な地質構造を示す厚い堆積物が伏在する。特に平野の地表を特徴づける低地と台地・丘陵地形は12万年以降（更新世後期以降）の地史との関わりが深い。こうした地下構造や地表地形の複雑さは、地下構造データベースを構築し、各種データベースの統合や地震動予測に必要な地盤物性モデルを立てる上で、地質構造と地質過程を正確に理解する必要があることを示している。

産総研では、科振費課題「統合化地下構造データベースの構築」において、「地質情報データベースと地質モデルの構築」を課題名として、つぎの2つの研究テーマを実施している。1)国土の地質情報に関してこれまでに整備した各種のデータベース、地質図類や地質モデルを基礎に、新たに地下地質情報を系統的に収集・編纂することによって、幅広く活用できる地質情報データベースと地質モデルを構築する。全国レベルでは、20万分の1縮尺

のシームレスな地質図を基図に第四系の地質情報を詳細化した地質図データベースを構築する。関東平野では、詳細版として、2万5千分の1地質図データベースと地質ボーリングデータベースを構築する。2)関東平野地下の深度500m程度までの地質層序の標準を構築し、地震波速度・比抵抗特性との関係を明らかにするために、既存の資試料の収集・整理および新規のボーリング調査を実施するとともに、深度方向に依存する岩盤物性特性のモデルを室内実験で確立し、深度依存物性標準を構築する。

昨年の本シンポジウムではこれらの研究の概要について紹介した。本講演では、地下構造情報を有効に活用するために必要と考えられるボーリングデータの高精度化、異なるデータ間の統合化に関してこれまでに開発してきた研究手法、およびそれによって得られた各種地質情報データベースと地質・地盤モデルを紹介する。

2. ボーリングデータの解析処理技術

1) ボーリングデータの高精度化

土木・建築の地盤調査によって得られるボーリング

データ（以後、土質ボーリングデータ）は、大量に存在している。これらは調査機関・技術者、目的、時期などが様々であるが、地下構造のデータとして極めて重要であるため、本科振費課題においてもその収集・データベース化に力を注いでいる。しかし、土質ボーリングデータには、標高・位置、N 値・土質区分などの記載ミスや誤判断によるデータが混在しているため、利活用するにあたってはバグデータの修正ないし取り出しが必要となる。また、地層区分情報等、新しく情報を付加することも必要となる。以下、土質ボーリングデータの整理・修正・情報付加・データ登録までの一連の作業プロセスと利用・開発しているツールについて説明する。

・データ処理

数値化処理: ボーリングデータは、データ交換形式の xml ないしそれに準拠した他の形式（基礎地盤コンサルの bor ほか）で数値化される。データ入力は既存のツールを利用している。

csv 変換処理: これらについて、新たに作成した「ボーリングデータ xml 変換システム」により、csv 形式に変換し、標題、各種属性毎のリストを作成する。この標題 csv ファイルを使って、ボーリングデータを GIS・EXCEL に取り込み解析する。

GIS 処理: GIS を用いて位置・標高のチェックを行う。標高データの問題では、ベンチマークを基準とした標高をそのまま T.P. としているケースが少なくない。図1では計20本ほどのデータのうち多くが標高0m付近に配列しているが、これらはベンチマーク基準によるものである。各ボーリングデータポイントに対して、DEM から標高データを属性値として与えたラスタとを重ね合わせて標高値を比較する（図2）。ベンチマークと判断されたデータについては、DEM の標高値で置き換える。緯度経度では、測地系の記述ミスや読み取り誤差などがある。ボーリングデータに記録された住所との比較を行う。

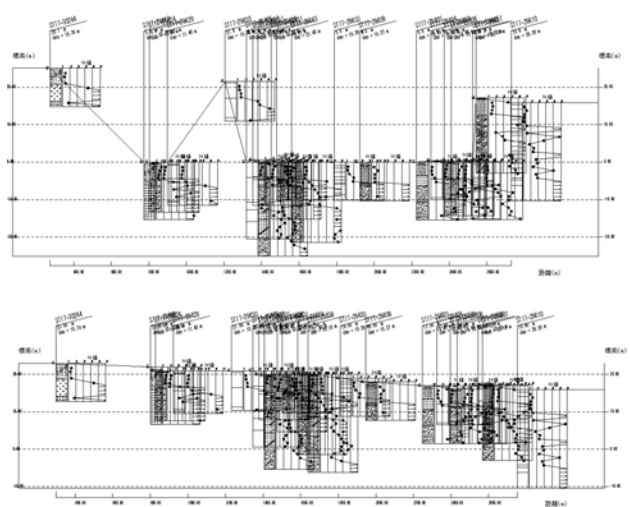


図1 断面線に投影したボーリング柱状図：上図は標高データの修正前であり、下図は修正後。（永村・木村，2008）

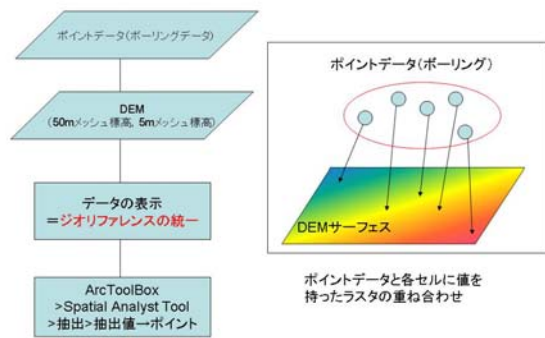


図2 GISによる地形DEMを利用した標高データの修正手法（永村・木村，2008）

2) 3次元地質モデル構築と地盤の可視化技術

上記の作業で整理・修正した xml ないし bor 形式のボーリングデータを利用して、二つの異なるやり方で地質・地盤モデルを作成している。一つは、地質学的手法であり、あと一つは統計解析手法である。基本的な作業フローは、統計解析手法によりまず地盤を可視化し、そのモデルを参照して、地質モデルを地質学的手法によって構築することである。しかし、地質地盤モデルの予察的検討やボーリングデータの数値ファイルが十分に入手できないときは、地質学的手法を先行させる。

地質学的手法では、500m 前後の間隔で設定した東西方向の地質断面線にボーリング柱状図を投影して、各地層・堆積相を区分・対比して2次元の地質モデルを作成する。各断面図の地層境界面深度情報をポイントデータとして利用して、地層の3次元グリッドモデルを構築する。現在、「ボーリング柱状図解析システム」という解析システムを開発し、今年度から利用している。

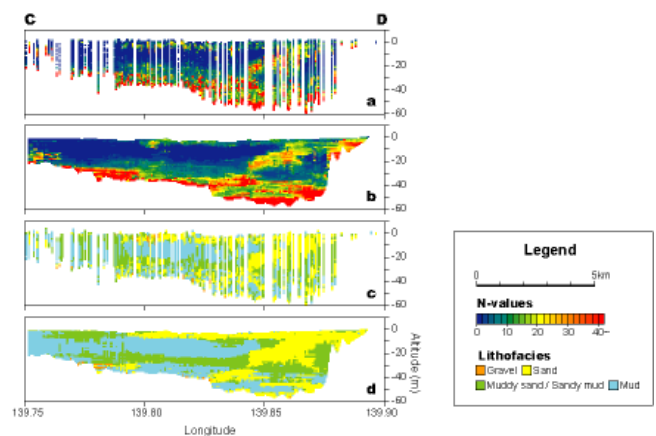


図3 東京低地北部における東西断面に投影されたボーリング柱状図(a：N値，c：土質)と同断面に沿う3次元モデルから切り出されたN値(b)・土質断面(d)（江藤ほか，印刷中）

統計解析手法は、江藤ほか（印刷中）でまとめられている。概要は以下のとおりである。全ボーリングデータファイルについて、土質、N 値を抽出し、土質は砂礫、

砂, 砂泥, 泥に4分, N値は5段階で10等分に規格化し, 1m標高毎に配列させる(図3a, c). そして, 各標高の水平補間によりN値と土質の水平分布をもとめ, それらを垂直方向に積み重ねることで3次元分布モデルを構築する(図3b, d). このモデルによって, 任意の垂直・水平断面の切り出しによる地盤の可視化が可能である(田辺ほか(2006)参照).

3. 地質情報DBの高度化

1) 表層地質図とボーリングデータとの統合化



図4 東京都東部の1/2.5万数値地質図

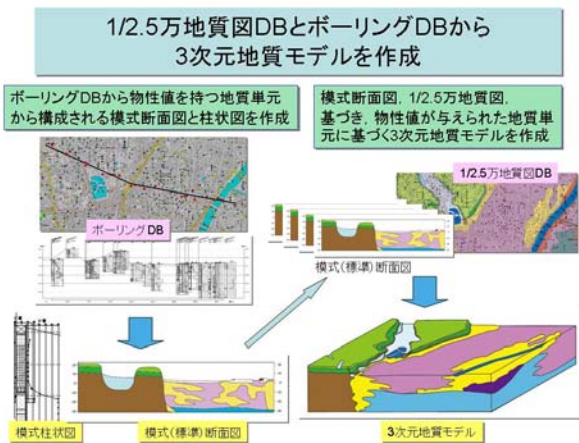


図5 1/2.5万数値地質図とボーリングデータとの統合による3次元モデルの表現

表層の地形・地質情報は, ボーリングデータに比べると, 一桁ほどその精度は高い. 1/2500, 1/10000の小縮尺の新旧の地形図, 高解像度の航空写真, 現在では国土地理院発行の50mDEM, 一部地域では5mDEMを使うことで, 地形分類は50mメッシュ以上の地形区分が可能である. 台地や低地については, 高精度な地形分類によって, 既存の限られた地質情報から50mDEMによる地形表現に匹敵する地表の数値地質図作成が可能である. 図4は東京都東部地域の地質図の例である. 同地質図は5mDEMから作

成した地形等高線の精度に合わせて, 土地改変による人工層も含めた地層の分布を表現している.

一方, 地下構造の情報やそれに基づく地下構造モデルはそれほどの精度はない. 50m区画に1本のボーリングデータがある地域は極めて限られており, 東京都内であっても, 多くの場合, 250mないし500m区画に1点のボーリングデータが得られているにすぎない. しかし, 50m精度の地形・地質情報が必要となるのは, 10m以浅の極浅層地盤であるため, 地表の地質図とボーリングデータとを統合することで, 必要に応じた精度の3次元地質・地盤モデルを構築することが可能である(図5).

2) 基準ボーリング調査と地質物性対比標準の構築

3次元地質モデルを作成する上で, 基準となる層序と対比指標の作成は不可欠である. しかし, 関東平野中央部においては, これまで500m以浅に関しても基準となる層序や対比指標が整備されていなかった. 沖積層については産総研の都市地質プロジェクトにおいて新たに12地点でオールコアボーリング調査を実施し, 既存のコアを含め, 計18地点について沖積層の基準となる層序・堆積環境を解析した(木村ほか, 2006; 田辺ほか, 2006). 同様に, 科振費課題では, 同都市地質プロジェクトと相互連携し, 大宮台地での350mオールコアボーリング調査(菖蒲コア)とPS・電気比抵抗検層を実施した. その結果, 更新統については, 今回はじめて下総層群と上総層群との境界, 花粉・珪藻・テフラなどの対比指標, 海進・海退に基づく地層区分の基準を明らかにし, P波, S波速度, 比抵抗値との明瞭な関係を得た(図6). そして平行して既存の地盤観測井のオールコア試料の再解析を行い, 海進-海退のサイクルに基づく関東平野中央部での層序対比を進めている(図7). そして, 地質モデルから地盤物性モデル構築に貢献できるように, 地質・物性対比標準の構築と目的として, 弾性波速度の深度依存性を堆積物物性の変化に関する規則性の把握から明らかにするために, 堆積物コア試料の室内試験を実施している(図8).

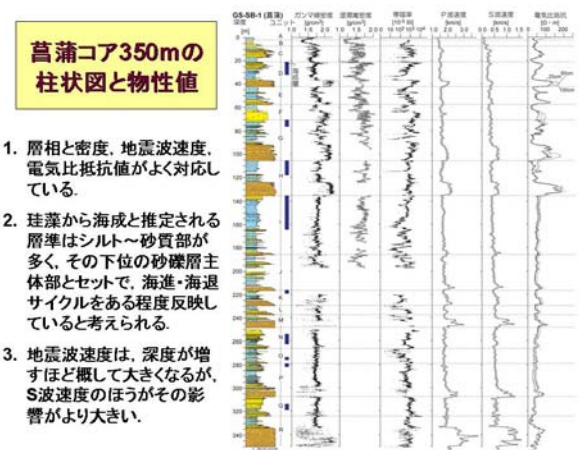


図6 大宮台地中央部, 埼玉県菖蒲町でのオールコアボーリング調査で得られた堆積物コア(GS-SB-1)の解析結果

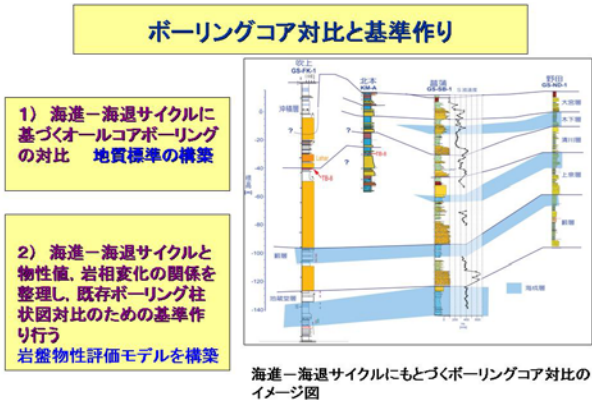


図7 関東平野中央部のボーリング柱状図間の対比：菖蒲の基準ボーリングと既存観測井のボーリング柱状図との対比

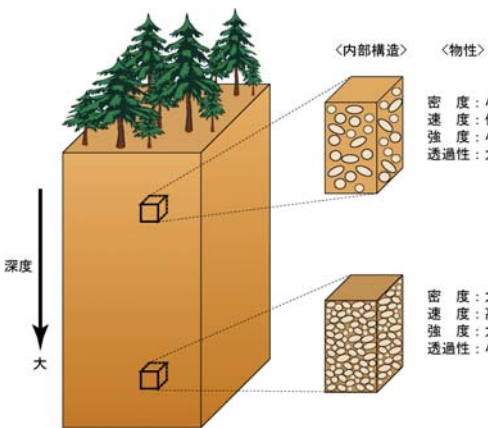


図8 地質・物性対比標準の構築

3) WEB-GIS3次元統合システムの開発

ボーリングデータベースを利用して、地質地盤特性を理解し高度に利活用するために、1次元情報であるボーリングデータを地下地質構造の2次元および3次元モデルと統合的に表現することが有用である。そこで、我々は、現在WEB-GISによるシステム開発を独自に進めている。同システムは防災科研が開発した地下構造データベース管理サーバを基礎に、xml形式のボーリングデータ、模式柱状図（地層、土質、N値）、csv形式のメタデータ、メッシュデータ形式による地質図、グリッドモデルによる3次元地質モデル、X3D等の3次元レイヤーモデルを登録し、WEB-GIS機能を使って、ユーザーがこれらのデータ・モデルを統合的に検索・表示・解析ができる機能を有するものとして設計している（図9, 10）。

H19には同システムの概念設計を行い、H20に詳細設計、およびシステム構築・試作版公開を目指す。

この3次元統合システムには、任意断面図へのボーリング柱状図、地層レイヤーの投影表示、3次元のグリッドモデルを使った任意の位置の地質断面図表示とボーリング柱状図との重ね合わせ、などの表示機能が構築される。こ

れらの機能は、これまでにPC上のボーリングデータの解析ツールとして開発してきた「ボーリング柱状図解析システム」基礎に本システムに実装する。

4. 今後の展開

地質学的知見に基づく模式ボーリング柱状図・3次元地質モデルの構築により、地下の土質・地層・物性の空間分布が高い精度で予測可能となる。こうしたデータ・モデルを3次元統合システムによりウェブ公開することで、ボーリングデータを始めとする地下構造に関わる情報の有効活用が加速するものと期待している。そして、関東平野を中心として進めてきた地下地質情報データベースやモデル化の研究は、北海道、信越地方など、各地域の地学研究機関と連携して進めていく予定である。

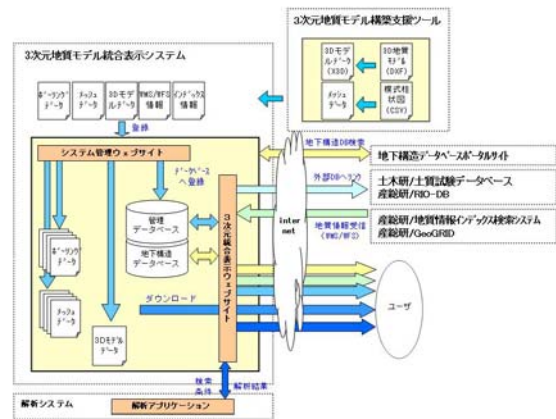


図9 WEB-GIS3次元統合システムの全体構成図

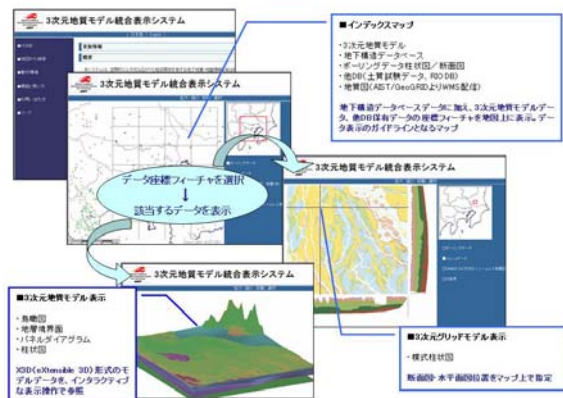


図10 WEB-GIS3次元統合システムの表示イメージ

参考文献

江藤ほか, 印刷中, ボーリング柱状図資料を用いたN値と岩相の3次元分布モデル—東京低地北部における沖積層の例—, 地質学雑誌.
 木村ほか, 2006, 東京低地から中川低地に分布する沖積層のシーケンス層序と層序の再検討, 地質学論集, no.59,1-18.
 田辺ほか, 2006, 東京都葛飾区における沖積層の堆積相と堆積物物性: 奥東京湾口の砂嘴堆積物の時空間分布, 地調研報, vol.57, 261-288.