

地質調査

2019

第1号

(通巻153号)

Japan Geotechnical Consultants Association

編集／一般社団法人全国地質調査業協会連合会

巻頭言

≫ 地盤情報DBに期待する

国土地理院 参事官 鎌田 高造

小特集 地盤情報データベースの現状と課題

≫ 国土を描く
～国土地理院における地理空間
情報整備～

石関 隆幸・佐藤 壮紀

≫ ボーリングデータ解析による
3次元グリッドモデルの構築手法と
東京都心での適用事例

木村 克己・花島 祐樹・大井 昌弘

≫ 活断層データベース

吾妻 崇・宮本 富士香

≫ 三次元地質・地盤モデル構築における
地盤情報データの活用

工藤(和田)里絵・西山 昭一

≫ ウェブ地図と教育分野での活用

佐藤 崇徳

やさしい知識

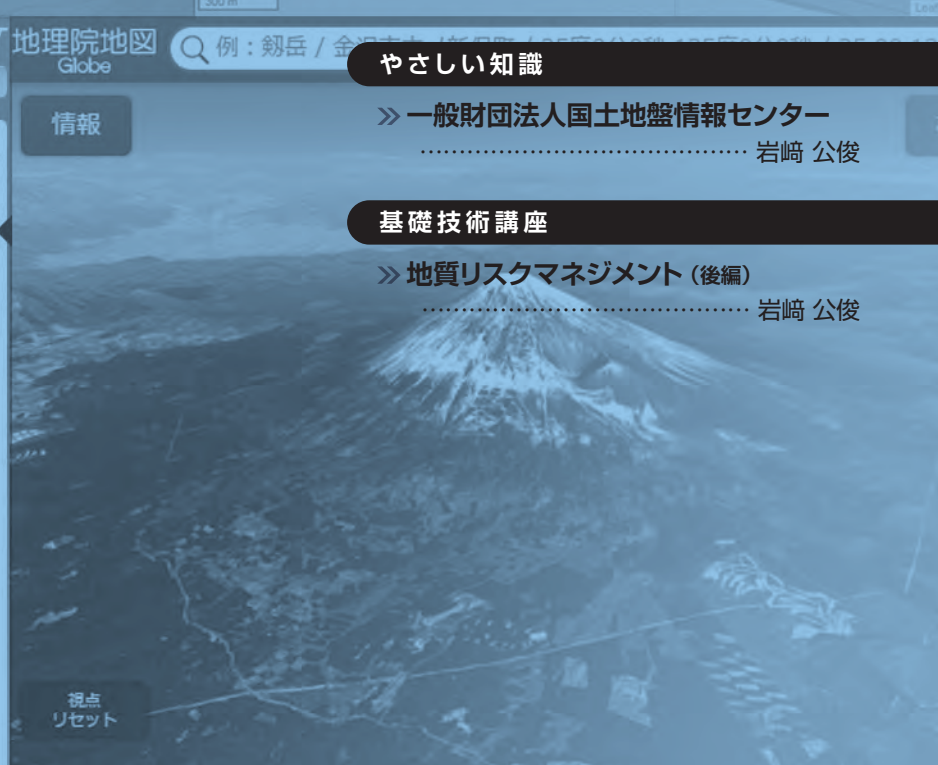
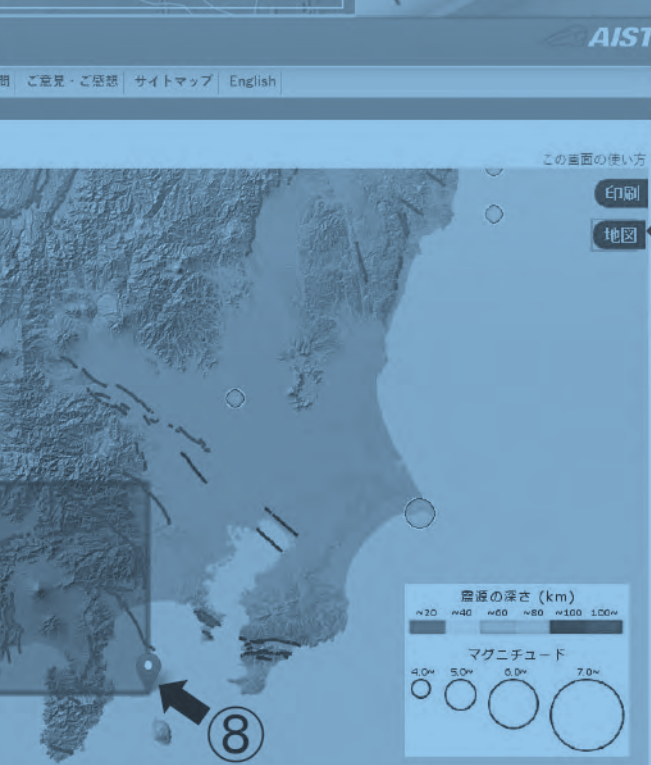
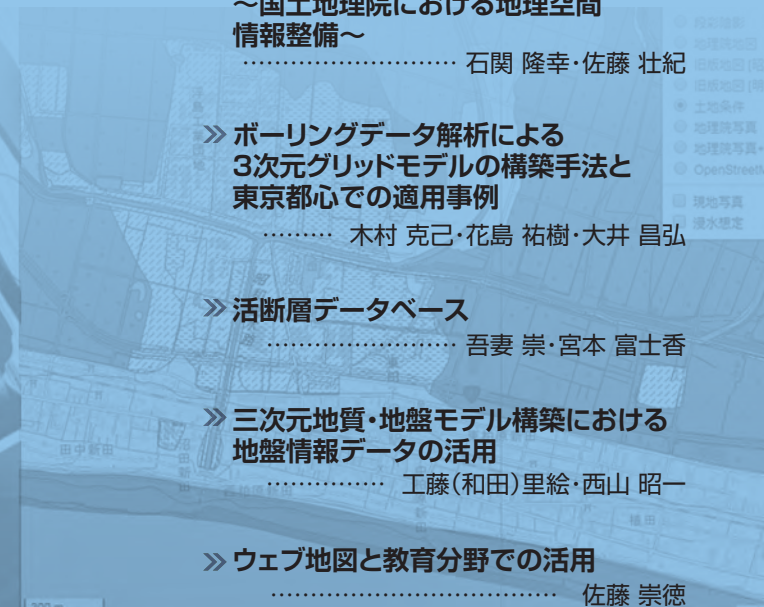
≫ 一般財団法人国土地盤情報センター

岩崎 公俊

基礎技術講座

≫ 地質リスクマネジメント(後編)

岩崎 公俊



巻頭言	≫ 地盤情報 DB に期待する 国土地理院参事官 鎌田 高造 ……1
小特集	■ 地盤情報データベースの現状と課題 ≫ 国土を描く ～国土地理院における地理空間情報整備～ 石関 隆幸・佐藤 壮紀 ……2 ≫ ボーリングデータ解析による3次元グリッドモデルの 構築手法と東京都心での適用事例 木村 克己・花島 祐樹・大井 昌弘 ……7 ≫ 活断層データベース 吾妻 崇・宮本 富士香 ……13 ≫ 三次元地質・地盤モデル構築における地盤情報データ の活用 工藤 (和田) 里絵・西山 昭一 ……19 ≫ ウェブ地図と教育分野での活用 佐藤 崇徳 ……23
やさしい知識	≫ 一般財団法人国土地盤情報センター 岩崎 公俊 ……29
基礎技術講座	≫ 地質リスクマネジメント (後編) 岩崎 公俊 ……33
私の経験した現場	≫ 軟質な泥岩地盤における杭の載荷試験 砂川 尚之 ……37
各地の博物館巡り	≫ むかわ町穂別博物館 横田 寛 ……41
大地の恵み	≫ <small>そうぎすい</small> 宗祇水 古田 一彦 ……43
各地に残すべき地形・地質	≫ 小豆島の横っ腹に寒霞溪 (香川県) 木村 崇浩 ……45
研究所からの報告	≫ 林業分野における地形学・地質学の新たなニーズと 地形判読 大丸 裕武 ……47
地質だより	■ 2018年度 応用地形判読士資格検定試験 二次試験合格者12名が決定 …… 53 ■ 全地連「技術フォーラム2019」の開催について (開催予告) …… 53 ■ 「報告書作成マニュアル (土質編) 第2版」好評販売中 …… 54 ■ 地質調査技士資格登録更新 (2019年度) 実施予定 …… 55 ■ 研修会「地質調査業務 計画と積算」 …… 55

既刊情報

下記の「地質と調査」は、次の URL または QR コードから、どなたでもご覧いただけます。

全地連の機関誌「地質と調査」

https://www.zenchiren.or.jp/jgca/jgca_geo-se.html



● 掲載概要

2000年第1号(通巻83号)～2005年第4号(通巻106号) → メインテーマのみ

2006年第1号(通巻107号)～2013年第1号(通巻135号) → 【会告】を除くすべてのページ

2013年第2号(通巻136号)以降 → すべてのページ

※ Web 掲載版の「地質と調査」はカラーで閲覧いただけます。

● 最近の発刊

通巻	発行年月	メインテーマ
143号	2015年 8月	特定テーマ：－新幹線－
144号	12月	小特集：土砂災害
145号	2016年 4月	小特集：火山災害
146号	8月	特定テーマ：△山の日△
147号	12月	小特集：人材育成
148号	2017年 4月	小特集：ドローンの地質調査への活用
149号	8月	特定テーマ：～離島～
150号	12月	小特集：熊本地震
151号	2018年 4月	小特集：インフラメンテナンス
152号	11月	小特集：地熱
153号	2019年 6月	小特集：地盤情報データベースの現状と課題

次号予告

地質調査 2019年 第2号(通巻154号) 内容(予定) 令和元年11月発行予定

小特集テーマ：沿岸

*編集方針により小特集テーマは変更となる場合があります。

地盤情報 DB に期待する

かまだ こうぞう*
鎌田 高造*

K
ey Word

GIS, DB, オープンソース・ソフトウェア, 地理院地図, 防災・減災,
利用者の意識, パラダイムシフト

今また、地盤情報データベースが注目されている。平成28年11月に起きた福岡市地下鉄の工事における大規模地盤崩落事故を契機に、社会資本整備審議会・交通政策審議会の地下空間の利活用に関する安全技術の確立に関する小委員会が「官民が所有する地盤情報等を国が収集し、品質を確認した上で一般に共有できるような仕組みを構築すべき」という答申を出したのである。

筆者は30年近く前にも地盤情報データベースの必要性を聞いたことがある。当時は、大容量のデータを高速に表示できるデバイスが存在しなかったが、この30年間で関係技術は大きく進歩している。

ウェブの普及は、CG、GIS、DBといった関係技術のコモディティ化をもたらした。国土地理院では、平成11年には既に試験的に地形図の画像データを公開していたが、当時はまだDBと呼べるようなものではなかった。平成17年にGoogle Mapsが登場した際には大きな危機感を持ったものである。ウェブで地図データを表示するためのソフトウェアライブラリがオープンソース・ソフトウェアとして公開されるようになったことから、国土地理院でも地図表示システムに採用し、さらに新しい機能の開発方針にユーザの声を積極的に取り入れる観点から、地理院地図パートナーネットワークと称して外部の開発者を含む利用者と定期的に意見交換会を行っている。このパートナーネットワークは、単に新規実装すべき機能について外部の意見が聞けるだけでなく、そのような機能の実装に必要な技術レベルやリソースの多寡についてもある程度知見が得られるので、役所と一般市民のゆるやかなコラボレーションとして大変上手くいっている例だと考えている。

さて、地盤情報データベースを地理院地図と比べた場合、地下のデータは3次元的な広がりがあるが、そのようなデータを格納するDBや表示インターフェースについてはオープンソース・ソフトウェアで十分実用に耐えるものが登場しており、新たに頭を悩ませる部分は少なくて済む。また、地盤情報は地上の土地利用に比べて変化が緩やかであるため、一旦DBを構築するとデータのメンテナンスコストは相対的に少なくて済む。一方、新たに行われるボーリングその他地質調査の結果を効率的にDBに反映させる仕組みは、これからも改善の余地があるように見受けられる。

また、DBへのアクセスが容易になることは、施設の立地が適地であるかどうかの情報も簡単に分かるようになることを意味する。公共施設の立地だけではない。個人の住宅であっても、土砂崩壊の危険性が高い地域、液状化の発生可能性が高い地域にあれば、そのことが容易に知られるようになる。このような情報は、個人情報として保護されるべきものではなく、土地建物の健全な取引をおこなうための情報として公開されるべきものであるが、多くの市民はそのようなことを冷静に受け入れられるとは限らない。

地盤情報データベースの整備普及は、新しい課題への対処を求める時代の幕開けなのである。測量や地質調査のように地道な仕事であっても、こうしてパラダイムシフトはやってくるのである。

*国土地理院参事官 過去に地震調査研究推進本部活断層調査を担当

国土を描く

～国土地理院における地理空間情報整備～

いしげき たかゆき* さとう たけのり**
石関 隆幸*・佐藤 壮紀**

K
ey Word

地理空間情報活用推進基本法, 地理空間情報活用推進基本計画, 基盤地図情報,
電子国土基本図, 地理院地図, 色別標高図

1 はじめに

地理情報システム（GIS）と衛星測位という二つの基盤技術により今後の地理空間情報の活用を一層促進するため、平成 19 年に地理空間情報活用推進基本法（平成 19 年法律第 63 号。以下、「基本法」という。）が成立しました。政府は、この基本法に基づき、地理空間情報の活用推進に関する政府の基本的な計画である「地理空間情報活用推進基本計画」（以下、「基本計画」という。）を策定することとされており、平成 20 年に第 1 期の、平成 24 年に第 2 期の、平成 29 年に第 3 期の基本計画を閣議決定しました。

第 1 期・第 2 期の基本計画では、産学官により地盤情報を含む地理空間情報の活用を推進する体制を整備し、社会基盤としての地理空間情報を整備・提供、衛星測位の高度な技術基盤を確立するなど、地理空間情報を活用するための環境整備を進めてきました。第 3 期の基本計画では、これらを活用し、高精度で利用価値が高く、リアルタイムで利用が可能な地理空間情報を IoT（モノのインターネット）・ビッグデータ・AI（人工知能）等の先端技術と融合させることで、様々な社会課題の解決や新産業・新サービスの創出を目指しています。

本稿では、基本計画の概要と、国土地理院における地理空間情報の整備の現状を紹介します。

2 地理空間情報活用推進基本計画について

第 1 期・第 2 期基本計画では、基盤地図情報や準天頂衛星（初号機）を整備し、地理空間情報を活用する日本独自の測位基盤の形成に取り組んできました（表-1）。

表-1 第 1 期・第 2 期基本計画の主な取組

● 基盤地図情報と電子国土基本図をいわゆる国家座標として一体的に整備・更新し、「地理院地図」としてインターネットによる提供サービスを開始
● 準天頂衛星システム等により取得した位置情報を利用するサービスを開始
● G 空間情報センターによる提供サービスを開始
● 準天頂衛星 4 機体制の整備時期の目途を明示し、初号機の内閣府への移管と 2 号機から 4 号機までの整備を進め、4 機体制での運用に必要な地上設備を整備
● 「宇宙基本計画」（平成 27 年 1 月 9 日宇宙開発戦略本部決定）において、平成 35 年度を目途とした準天頂衛星 7 機体制の確立を決定
● 発災時の初動対応・応急対策活動支援、復旧・復興段階における地籍情報の復旧支援、浸水想定区域の設定・ハザードマップの策定支援等による被災地復興支援を実施
● 全国の電子基準点による地殻変動の即時把握技術の開発、都市災害時の地下街等において情報伝達の実証事業等を実施

第 3 期の基本計画では、産学官民が協調して、高精度で利用価値の高い地理空間情報をリアルタイムで利用できる環境の整備を行うとともに、これらを高度に活用し、社会課題の解決や新産業・新サービスを創出する「地理空間情報高度活用社会」（G 空間社会）の実現を目指しています。

世界最高水準の G 空間社会の実現に向け、基本

*国土交通省国土地理院企画部地理空間情報企画室長

**国土交通省国土地理院地理空間情報部情報普及課長

計画では我が国が目指すべき姿として、以下に示す5つの目標を定めています(表-2)。

表-2 第3期基本計画で目指すべき姿

①災害に強く持続可能な国土の形成への寄与 ・一人一人の命を救う情報収集・共有等による災害対応力の強化・高度化, 社会資本維持管理の効率化・高度化
②新しい交通・物流サービスの創出 ・高精度測位情報による新時代の交通, 物流システムの実現
③人口減少・高齢社会における安全・安心で質の高い暮らしへの貢献 ・多様で豊かな暮らしのための高齢者等へのモビリティ向上サービス, 住民の身近なサービス分野での利活用
④地域産業の活性化, 新産業・新サービスの創出 ・地方創生を加速する IT 農林水産業, i-Construction による省力化・生産性向上
⑤地理空間情報を活用した技術や仕組みの海外展開, 国際貢献の進展 ・測位インフラ, 関連ビジネス, 人材育成等をパッケージ化し世界に拡げる ・東京 2020 大会をG空間社会のショーケースに

そして、これらの目指すべき姿を実現するため、以下に示す3つの手段を柱とした施策を推進することとしています(表-3, 図-1)。

表-3 目指すべき姿を実現する手段

①G空間情報センターを中核とした産学官民連携による地理空間情報の整備・流通・利活用
②準天頂衛星システムや電子基準点網の高度化等による高精度・高信頼性の測位サービスの展開
③地理空間情報に関するリテラシー教育, 人材育成

基本計画において、国土地理院では次のことに取り組んでいます。

- ①いわゆる国家座標を形成する地理空間情報の整備(電子基準点網の維持管理, 基盤地図情報や電子国土基本図の整備, 地理院地図による提供など)
- ②地理空間情報を流通・活用するための技術的な検討(衛星測位情報と高精度な3次元地理空間情報の相互位置を整合させる仕組みの検討など)
- ③地理教育・人材育成の支援(教育支援ポータル「教

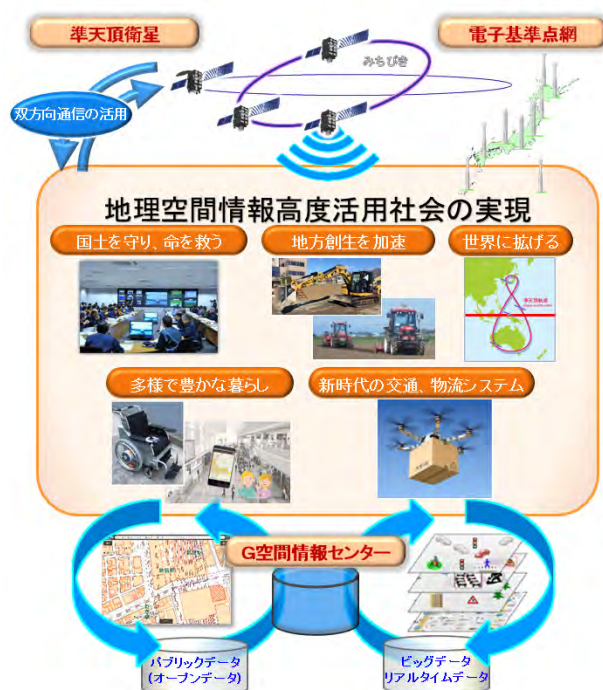


図-1 地理空間情報を高度に活用する社会のイメージ

育の道工具箱」による教育現場支援, インターンシップ・学校へ行くこうプロジェクトによる児童生徒へのアプローチなど)

3 基盤地図情報の整備

基本法に基づき、国及び地方公共団体は、電子地図上における位置の基準である「基盤地図情報」を整備・更新することとされています。基盤地図情報を構成する13項目が国土交通省令で定められており(図-2)、国土地理院ではこのうち10項目を整備しています。

平成19年度から23年度に、全国の都市計画区域(約10万km²)を縮尺2,500分1相当以上、それ以外の地域(約28万km²)を縮尺25,000分1相当以上で基盤地図情報を概成しました。

また、国土地理院では、基盤地図情報の1つとして、基盤地図情報(数値標高モデル)を提供しています。このデータは、国土の標高を、南北及び東西方向に一定の距離で区切った方眼(メッシュ)状に記録したデータで、5mメッシュ(標高)及び10mメッシュ(標高)の2種類のデータを整備及び提供しています。

これらの基盤地図情報は、国土地理院のホームページから誰でもいつでも無償でダウンロードできます。

基盤地図情報のアドレス

<http://www.gsi.go.jp/kiban/index.html>



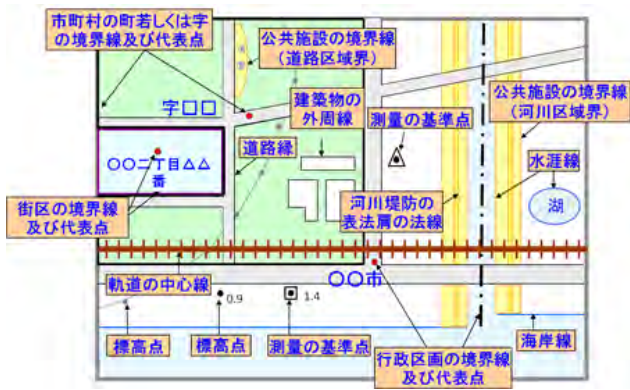


図-2 基盤地図情報の13項目

4 電子国土基本図の更新

新たな基本図として位置づけられる電子国土基本図は、基盤地図情報と整合した、国土の基本的な情報を表記した「電子国土基本図(地図情報)」(以下、「地図情報」という)、デジタル空中写真上の地物を正しい水平位置に表示されるように加工して地図と歪みなく重なる画像とした「電子国土基本図(オルソ画像)」(以下、「正射画像」という)、居住地名や自然地名など位置を検索するためのキーとなる「電子国土基本図(地名情報)」(以下、「地名情報」という)で構成され、三位一体で全国土を表す地図の基本データとなっています。

このうち、地図情報の更新には、

- 1) 広く面的に更新(以下、「面的更新」という。)
- 2) 特定の項目の変化に対応した迅速な更新(以下、「迅速更新」という。)

の2つの方法があり、これらを効率的・効果的に組み合わせ実施しています。

面的更新は、主に地方公共団体が作成した都市計画基図等の更新にあわせて、基盤地図情報と一体的な更新を基本としています。都市計画区域以外では、国土の変化に対応した空中写真撮影等を行うことにより、着実に更新を進めています。

また、迅速更新は、公共施設等の整備者・管理者からの情報をもとに、更新に対するニーズ、更新の優先度、情報の入手方法に応じ、逐次、変化に対応した更新を実施しています。

正射画像は、様々な地理空間情報と容易に重ね合わせができる地理空間情報です(図-3)。これについては、地図情報の更新が必要となる、著しく変化した国土の状況を記録した空中写真等を基にして整備を行っています。

地名情報は、地域や場所の名称を表し、地理空間情報を利活用する上で位置を検索するキーとなる基本的な情報で、居住地名、自然地名、公共施設、信

号交差点、住居表示住所の5種類のデータを整備しています。町字の変更、住居表示の実施、公共施設の新設・移転等の更新情報は、主に官報・公報、関係機関への照会、Web調査により随時収集しており、把握した情報について更新に必要な図面等の資料を入手し、データ更新を行っています。



図-3 地図上に正射画像を半透過表示した例

基盤地図情報や電子国土基本図は、次節で述べるWeb地図「地理院地図」でご覧いただけます。

5 地質調査にも役立つ地理院地図

国土地理院は地図や空中写真、災害情報など、多様なデータを整備しており、これらのデータをご覧いただくショーケースとして、Web地図「地理院地図」(図-4)を運用しています。地理院地図は、インターネットに接続できる環境があれば、パソコンやスマートフォンでいつでもどこでも利用できます。地質調査を行うには、地形に関するデータが不可欠だと思います。地理院地図では、様々な地形に関するデータを閲覧することができますし、それらのデータを高度に利用できる機能を備えています。ここからは、地質調査に役立つ地理院地図のデータや機能についてご紹介します。

地理院地図へのアドレス

<https://maps.gsi.go.jp/>



図-4 地理院地図の表示画面

5-1 地理院地図の5つの特長

地理院地図の魅力を端的に説明するために、5つのアピールポイントをご紹介します。

特長1. 様々な情報を見られる

地理院地図では、地図や写真、防災情報、地形の把握に役立つ情報などのデータを、自由に重ね合わせて表示することができます。例えば、最新の全国の写真のほかに、年代別の古い写真を見ることもできます。また、写真以外にも、高さごとに色分けした「色別標高図」、地形の凹凸が直感的にわかる「陰影起伏図」、土地の成り立ちや自然災害リスクを確認できる「地形分類」、地震や台風等で被害を受けた土地の状況の情報などがあります。国土地理院が整備しているデータの他にも、例えば、国土交通省が提供している「地盤情報 (KuniJiban)」を見ることもできます (図-5)。これらのデータは、画面左上の「情報」ボタンから選んで地図上に表示することができます。

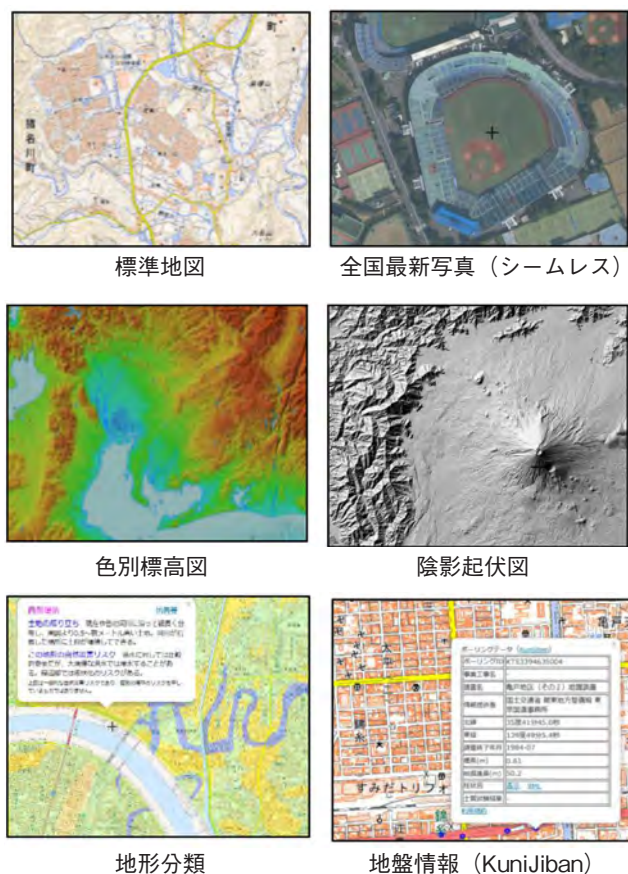


図-5 地理院地図で閲覧できる様々なデータ

特長2. 最新の道路や鉄道が見られる

主要な道路や鉄道は供用開始日当日に地図に反映しています。供用開始日が休日・祝日であっても、当日に最新の地図をお届けできるよう更新しています。

特長3. 昔の写真を見られる

地理院地図では、最新の全国の写真に加えて年代別の写真を掲載しています。これらを見比べることで、戦前～戦後復興期～高度経済成長期～現在に至るまでのさまざまな国土の変遷をみることができます (図-6)。



図-6 国立競技場周辺の空中写真と地図

特長4. どこでも標高が分かる

全国の任意の地点の標高値を画面上に表示することができます。スマートフォンのGNSS (位置情報) 機能を使って、現在位置の標高を調べることもできるので、「指定緊急避難場所」の情報と併せて津波からの避難経路の検討にも役立ちます。

特長5. 3Dでも見られる

3D表示もでき、地形をより直感的に把握することが可能です。好きな範囲を3Dプリンタ用のデータとしてダウンロードし、立体模型を作製することも可能です。図-7は、富士山を3Dで表示したものです。



図-7 富士山の3D表示

5-2. 便利な機能

これまでにご紹介したポイントの他にも、地理院地図には便利な機能がたくさんあります。ここでは、さらに、地質調査にも役立つ3つの便利な機能についてご紹介します。

① 断面図作成機能

地図上でクリックして指定した経路の断面図を作

成することができます。これにより、地形断面図の作成、洪水や津波等の災害時に備えて避難するとき理解しておくべき身の回りの高低差の把握などに活用することができます。右上の「機能」ボタン→「断面図」を選んで、地図上をクリックして経路を指定すると、指定した経路の断面図が作成されます。例えば、**図-8**は茨城県東海村の久慈川河口付近において、地形分類（自然地形）のデータを表示させ、久慈川南側の土地の断面図を作成したものです。図中の黄緑色は氾濫平野、青色は旧河道、黄色は自然堤防を表しています。作成した断面図と照らし合わせると、旧河道は周辺の土地と比較して標高が低くなっていることがよくわかります。このように、断面図機能を使うことで、地形の把握にも役立ちます。

また、作成した断面図をCSV形式のファイルとして保存することもできますので、その後表計算ソフト等でも利用することができます。CSVファイルには、指定した経路を300等分する点の位置情報（緯度、経度、標高、始点からの距離）が記載されます。



図-8 茨城県東海村の久慈川付近の断面
(QRコードからカラーで地図を見ることができます)

② 自分で作る色別標高図

浸水の危険性を把握するためにしばしば用いられる色別の標高地図は、高さごとに全国同じ基準で色が塗られているために、局所的な土地の高さ・低さがわかりづらいものでした。そこで開発した機能が「自分で作る色別標高図」です。自分で作る色別標高図では、高さごとに自由に色を決めて地図を作ることができます。「情報」ボタン→「起伏を示した地図」→「自分で作る色別標高図」を選ぶと、地図を高さで色分けするためのメニューが表示されます。例えば**図-9**は東京の荒川沿いの地域で、微小な標高の変化が目立つよう1mごとに色分けしたものです。ゼロメートル地帯は青色に、特に標高が低い場所（-2m以下）は黒色に、また高い場所（4m以上）は赤に色付けしています。河口の近くの一見

平坦な土地でも、高さ・低さが視覚的にわかるかと思えます。

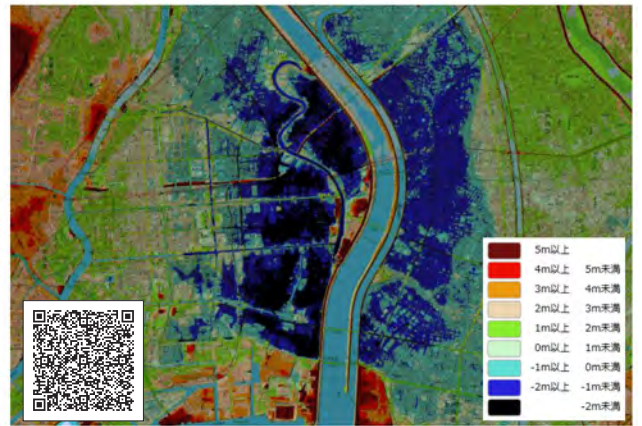


図-9 自分で作る色別標高図の例（荒川河口付近）
(QRコードからカラーで地図を見ることができます)

③ 2画面表示機能

画面を2つに分けて2つの地図や写真を比べて表示できます。「機能」ボタン→「ツール」→「2画面表示」を選択すると地図が左右の2つに分かれます。左右の画面にある「情報」ボタンから、それぞれ地図や写真を選んで表示することができます。**図-10**は平成30年7月豪雨で大きな被害を受けた倉敷市真備町付近の写真です。被害を受ける前(左)と後(右)の写真を2つの画面で表示して比較することができます。



図-10 2画面表示の例（倉敷市真備町）

ぜひ、地質調査の際に地形などの基礎情報を知るツールとして地理院地図を使用してみてください。

6 最後に

地理空間情報を高度に活用するG空間社会の実現において、国土地理院の地図情報は欠かせない基盤です。国土地理院では基盤地図情報と電子国土基本図の整備・更新及び地理院地図による地理空間情報の提供をはじめ、各種施策を推進し、G空間社会の実現に貢献していきます。

ボーリングデータ解析による 3次元グリッドモデルの構築手法と 東京都心での適用事例

きむら かつみ はなしま ゆうき おおい まさひろ
木村 克己*・花島 祐樹**・大井 昌弘***

Key Word

浅部地盤, グリッドモデル, 沖積層, 埋没谷, ボーリングデータ

1 はじめに

地盤の地質・物理特性を表現する地盤モデルは、建築基礎としての地盤の特性、地震動や液状化危険度評価など多くの工学的研究で、不可欠な地盤の基礎資料として利用されている。日本の沖積低地やローム台地の浅部地盤を構成する地層は、その大半が陸域や浅海域の堆積環境で形成された堆積物であるため、その土質特性は側方変化に富み、埋没谷や断層構造などの不整形な地盤構造を呈することが多い。こうした変化に富む地盤特性に対して、ボーリングデータを主とする地盤情報は一般に不足しているため、土質特性の工学的な視点からだけでは地層の対比を誤りやすく、沖積低地の地盤では偏在する埋没谷を見落とし軟弱な粘性土層厚の過少評価の要因にもなる。そのような場合、地質学的な洞察から地層対比に合理的な指標を得ることができる。

英国地質調査所の3次元モデリングシステム(GSI3D)では、地質平面図と断面図画面から地質境界を定めながらモデル化する作業過程を採用しており¹⁾、地質学的な知見や思考を3次元モデルに組み込みやすくなっている。また、木村ほか²⁾は、沖積層基底面が表現する埋没谷や埋没平坦面などの地形面の形状を地質学的に考察し形成年代と形成過程による類別・対比に基づいて、データの無いエリアの形状を補間する方法を開発し、東京低地でその事例を示した。これは地質の成り立ちの洞察から得られた制約条件を地盤モデルの空間補間に利用した事例といえる。

これらの事例のように地質境界のサーフェスモデル(以下、面モデル)による地質モデル表現に対して、地質体を小さく分割した立方体あるいは任意の単位

体で表現するボクセルモデル(以下、3次元グリッドモデル)で表現する方法がある³⁾。面モデルは地質体を地質境界面で分割することで表現するのに対して、3次元グリッドモデルでは、単位グリッドの集合で地質体を表示し、その岩相や物性などの属性情報を詳細に表現できる利点がある。そのため、3次元グリッドモデルの構築は、土質特性が側方変化に富む浅部地盤を表現する場合に大変有用である。しかし、その方法論や必要なアプリケーションについて具体的に解説している文献は乏しい。

本論では、ボーリングデータを利用した3次元グリッドモデルの構築手法の概要とその手法で表現した東京都心の事例を紹介する。この3次元グリッドモデルは、地質学的知見を反映した地質境界面モデルを利用して、グリッドの空間補間を制約し地盤モデルの高精度化を図るといった特色がある。

2 3次元グリッドモデル構築手法の開発史

3次元グリッドモデル構築手法の開発は、2008年の江藤ほか⁴⁾に始まる。同論文でボーリングデータを用いて沖積層の堆積相の空間変化を可視化する目的で、手法の枠組みが開発された。すなわち、初めに、ボーリングデータからN値と土質の柱状図データを抽出し、つぎに、1m区間の水平面毎に離散的に分布する柱状図データを対象に(図-1a)、グリッド中心(グリッドノード)のN値・土質(図-1b)を逆距離加重法(IDW)による空間補間計算処理を実行して求める。その結果を図-1cのごとく、垂直に重ねることで3次元のグリッドモデルを構築する。この計算手法や表現形式の基本は本論でも踏襲

* (公財) 深田地質研究所 客員研究員

** Smart Solutions 株式会社, 技術者

*** (国研) 防災科学技術研究所マルチハザードリスク評価研究部門 主幹研究員

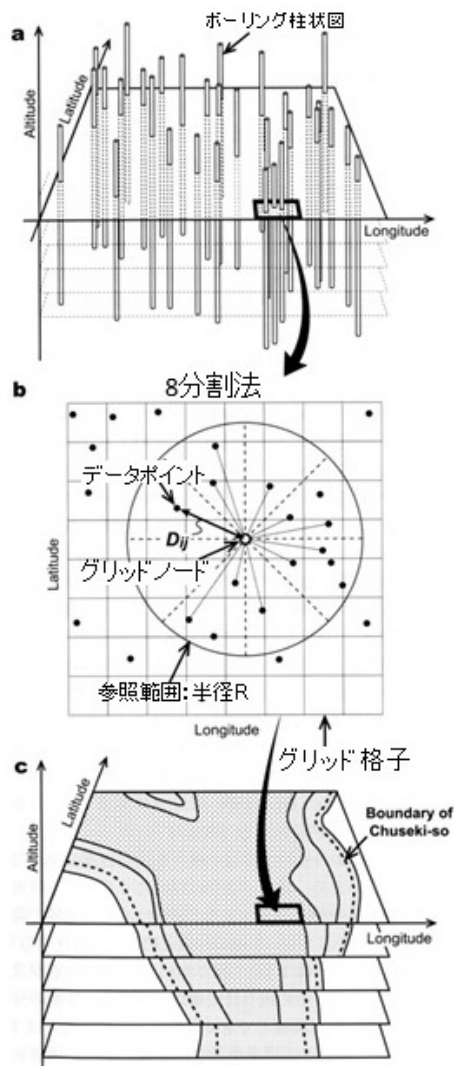


図-1 3次元グリッドモデル構築手法の概念図⁴⁾
(© 日本地質学会)

している。各グリッドの空間補間では、データ参照の偏りを防ぐため、象限分割法(図-1b)を採用し、各象限で最低点数(1ないし2点)と最大点数(5~10点)を指定する。空間補間計算は、連続変数のN値については参照データから逆距離加重法で求め、一方、土質についてはカテゴリー変数であるため、参照データの最頻値を示す土質を求めて代表値としていた。石原ほか⁵⁾は、土質についても逆距離の加重をかけた最頻値とする計算法を考案した。木村ほか⁶⁾は、埋没谷などの不整形な地盤構造を精度良く表現するための方法として、沖積層基底面モデルでグリッドノードの空間補間に制約を与える手法を導入するとともに、空間補間処理は、初めに土質について実行し、N値はその代表土質に相当するデータだけを対象とするなどの改良を行った。以上の3件の研究は産業技術総合研究所の都市地質研究プロジェクトの一環として実施された研究であった。

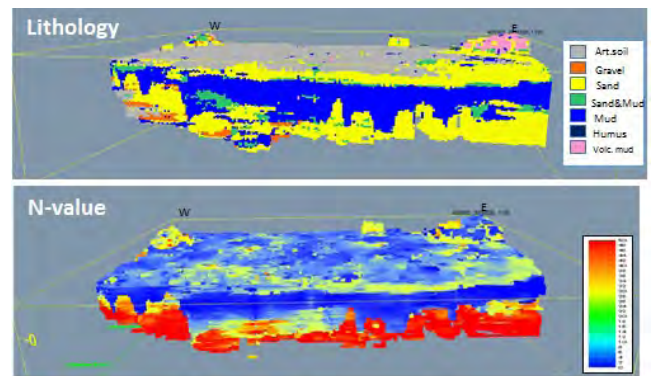


図-2 東京低地の3次元グリッドモデルの鳥瞰図
グリッドのサイズ:100m 四方, 垂直 1m,
モデル範囲:東西 22km, 南北 18km,
標高 GL-86 ~ +25m

これらの研究手法を基礎に、防災科研の「地震ハザード評価の高度化の研究」において、2015年より、公開を目的とした3次元グリッドモデル構築プログラムを開発し、福岡平野、大阪平野、埼玉県東部の中川低地、東京都心の東京低地、千葉県の中川沿岸平野域でその適用性評価を目的に3次元グリッドモデルを作成している^{7) 8) 9) 10)}。

3 3次元グリッドモデル構築手法と処理過程

本論文で表現する3次元グリッドモデルは、ボーリングデータの空間補間計算処理によって、浅部地盤の土質とN値の空間変化を3次元に配列した等サイズのグリッドで表現するものであり(図-2, グリッドサイズ:100m 四方, 垂直 1m)、地質境界面モデルによって、地表面の形状や埋没谷などの地下構造の不整形さを空間補間計算に反映できるという特徴がある。なお、本論で対象とするボーリングデータは、建築・土木事業で一般に実施されている標準貫入試験調査で得られるものであり、その形式は、国土交通省の地質・土質調査成果電子納品要領(案)のボーリング交換用データ(ver.2.1あるいはver.3.0)に準じている。

3次元グリッドモデル構築の処理過程は、前処理、本処理、後処理に分けることができる(図-3)。防災科研で開発した3次元グリッドモデル構築プログラムは、主要な機能を担うメインプログラムと補助ツール群からなる。可視化の補助ツール以外のプログラムはPython3によって開発されており、WindowsやMacOS, LinuxなどのOSで動作する。補助ツール群には、地層境界面モデル調整ツール、地層区分情報付与ツール、地層境界面モデル作成ツール、地層境界面モデル形式変換ツール、グリッドモデル可視化ツールがある。

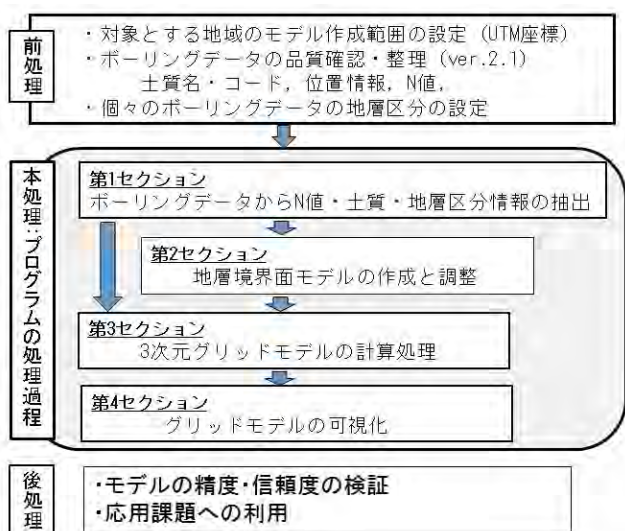


図-3 3次元グリッドモデル構築の処理過程

のボーリングデータ処理ソフト (図-4)¹¹⁾ で実行できる。なお、QGISなどのGISソフトと併用すると、各種の地理空間情報と照合し解析する上でより効率的に実行できる。

(2) 本処理と後処理

本処理は、第1セクションのボーリングデータ抽出とデータベース構築、第2セクションの地質境界面モデル作成、第3セクションの3次元グリッドモデル作成、そして第4セクションの3次元グリッドモデルの可視化に分けられる。後処理にはモデル精度・信頼度の検証と応用課題への利用がある (図-3)。

第1セクション:メインプログラムによって、個々のボーリングデータから、垂直方向に1メートル間隔で仕切られた各標高において卓越する土質、N値及び地層区分の値 (代表値) をグリッドモデル用のデータとして抽出される。その際に、土質はモデル用の土質名に再分類される。デフォルトでは、砂礫・砂・砂泥・泥・腐植土・ローム・人工土に設定されているが、ユーザーが目的に応じて修正することができる。N値については上限値として、ユーザーが50以上を打ち切りとするか任意の上限値かの選択を行う。

第2セクション:メインプログラムによって、空間補間計算処理を実行して地質境界面モデルが求められる。入力データとして、第1セクションで出力した地層境界のポイントデータやその他のポイントデータを用意する。面モデルの空間補間の計算プログラムとして、地質境界面に適した空間補間手法であるBS-Horizon¹²⁾ が用いられる。

グリッドモデル構築に必要な地質境界面モデルには、グリッドモデルの上面・下面を画する地表面モデル・基盤面モデル、およびユーザー選択による地層境界の面モデルがある (図-5)。地表面モデルの入力データとしては、後述するとおり、一般に、国土地理院の5mDEMや10mDEMからグリッド単位に1点以上の標高値を抽出して利用する。基盤面モデルは、利用できるボーリングデータの下限深度を考慮して設定された標高値の水平面で表現することが多い (図-5)。地質境界面モデルは、標高値が側方に急変したり、ポイントデータが乏しい範囲では、空間補間計算によって必要以上に上方や下方に凸な形状が発生し、地表面モデルや上位・下位の地層境界面と斜交する事態が生じやすい (図-5のP)。そのため、各地質境界面モデルを求めた後で、それらが層位の上下関係に整合するように、本プログラム

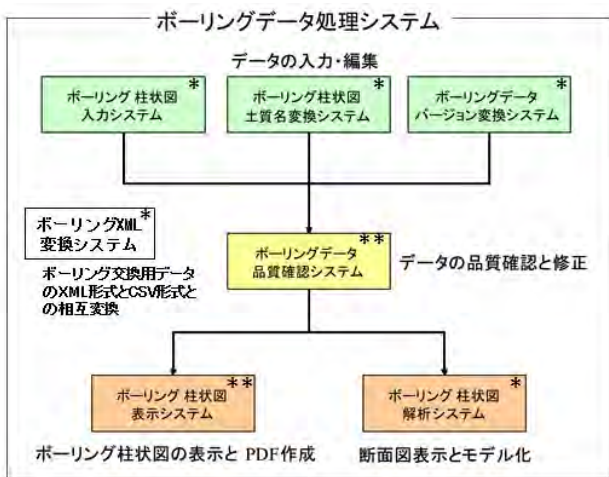


図-4 ボーリングデータ処理システムの概要¹¹⁾

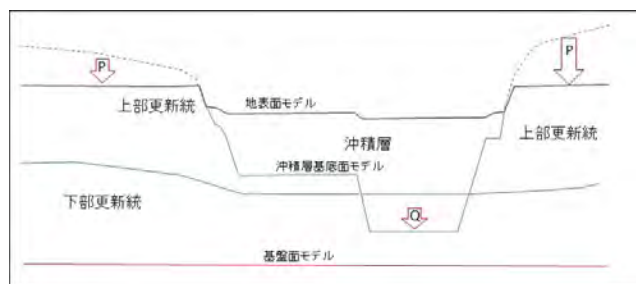


図-5 地質境界面モデルを示す地質断面図の模式図
破線の部分は地層境界面間の調整で修正され、
⇒に示した位置の実線に置き換えられる

(1) 前処理

前処理の課題は、主に、モデル範囲とグリッドサイズの設定、利用するボーリングデータの収集・品質確認・修正、ボーリングデータの地層区分の設定、からなる。これらの処理の大半は、産業技術総合研究所と防災科研とが共同で開発・公開している一連

では地質境界面モデル調整ツールを用いて、各地質境界面モデル間の調整を行う。層位関係のうち、下位層の面モデルが上位の面モデルで侵食されている範囲では、下位の面モデルは上位の面モデルと同一標高分布を示すように調整される（図-5のQ）。

第3セクション：第1と第2セクションで出力した土質区分・N値・地層区分のデータと地質境界面モデルを入力データとして空間補間計算を実行し、土質区分とN値の3次元グリッドモデルを出力する。地層境界の面モデルを用いることで、グリッドノードと同一の地層区分にあたるデータに計算対象を限定することができる。空間補間計算は、初めに土質について実行され、次に、代表土質となった土質のN値だけを対象にして補間計算が行われる。この空間補間（1次補間）で充たされなかったグリッドについて、1次補間の値を用いて最近隣法で空間補間処理を行う2次補間の機能がある。1次・2次補間計算で求められたグリッドモデルの上面は、地表面モデルを用いたトリミング処理が実行されて、地形面を表現するものとなる。3次元グリッドモデルの1次補間モデルについては、その計算条件を評価するためのデータが同時に出力される。

その他、3次元グリッドモデルから工学的基盤面とS波速度構造を求める機能、および傾斜している地層について、傾斜を反映する面モデルを基準に、地層の傾斜を水平にならした上で空間補間を実施できる機能などがある。

第4セクション：Microsoft Excelのマクロ機能を用いて開発された補間ツールを用いて、構築モデルによって出力されたファイルから、水平断面および垂直断面が作成され、属性値の変化を色に置き換えて可視化される。

4 東京都心の3次元グリッドモデル

対象地域は、隅田川中流地域を中心とする東西6km、南北4.5kmの範囲で、東京低地とその西に隣接する武蔵野台地北東縁が含まれる（図-6）。UTM54帯の座標系で、東西5.6km（387,850m～393,450m）、南北4.5km（3,950,050m～3,954,550m）の範囲で、100m四方のグリッド2464個を含む。モデル化に利用したボーリングデータは389本である（図-6）。いずれも東京都の地盤（GIS版）¹³に掲載されている。

グリッドモデルは前述した処理手順（図-3）に従って構築している。地質境界面モデルとしては、地

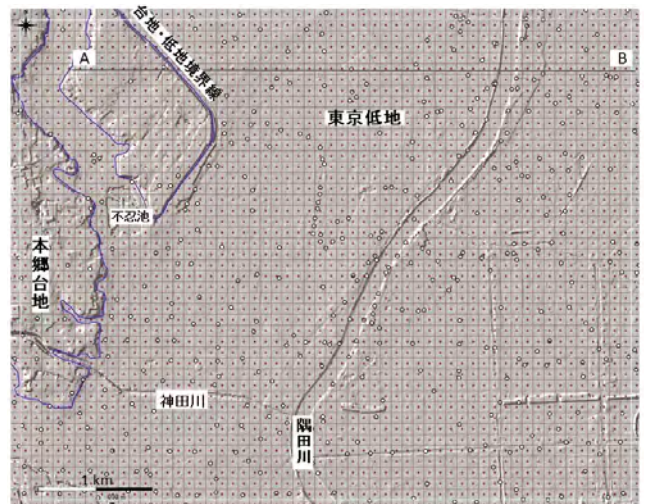


図-6 モデル地域（隅田川中流附近）の地形
国土地理院の5mDEMによる陰影図
A-B：図-10断面図の位置
格子模様は100mグリッド、
その中点はグリッドノードに相当

表面モデル（図-7）、沖積層基底面モデル（図-8）、標高-50mの基盤面モデルを作成した。地表面モデルは、地理院の5mDEMからグリッドノード上の標高値を抽出し、隅田川などの水域は0mに、鉄道の高架などの大規模な構造物は近傍の地表面標高にそれぞれ置き換え処置をした上で、第2セクションの処理作業を実行して求めた。沖積層基底面モデルでは、面モデルの入力データとして、ボーリングデータ上のポイントデータに、木村ほか²⁾の手順通りに、台地・低地境界線（図-6）上のポイントデータ（100m間隔）と埋没谷のルートの補填ポイントデータを加えた。沖積層基底面モデルは、標高-6m以浅の平坦面を示す埋没波食台、標高-22～-34mの平坦面を示す埋没河成段丘面、および本郷台地の谷底から延長する古石神井川谷などの特徴的な埋没地形を示す（図-8）。グリッドモデルの計算条件は、4象限分割で、各象限の参照点の最低点数1、最大点数10とし、探索半径2km、逆距離加重法の距離の乗数2、とした。得られた3次元グリッドモデルの事例を図-9、図-10にそれぞれ示す。

図-9は標高-5mと-15mの土質とN値の水平断面図（1次補間）である。白色は1次補間計算で補間できなかった空きグリッドを示し、埋没波食台周囲の段丘崖付近に偏在的に分布している。図-10は北緯35.722度を通る東西方向の地質断面図で、土質、N値、S波速度の2次補間で求めたグリッドモデルを示す。沖積層基底面モデルを境に、地層は上位の沖積層と下位の更新統とに区別され、上面は地表面モデルで、下面は基盤面モデル（標高-50m）で画

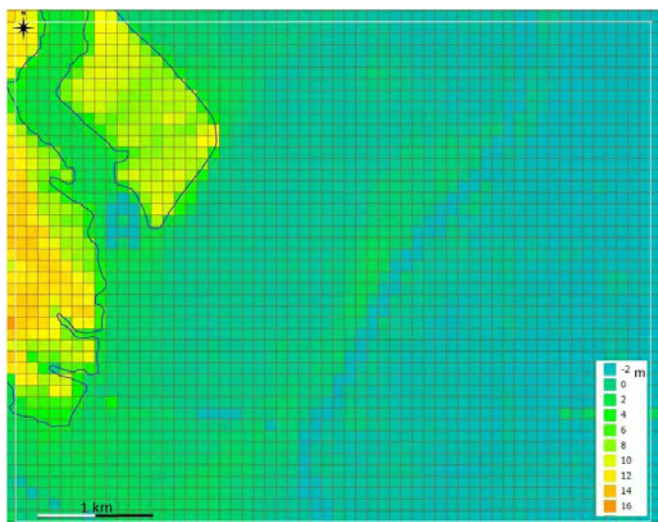


図-7 モデル地域の地表面モデル（標高段彩図表現）

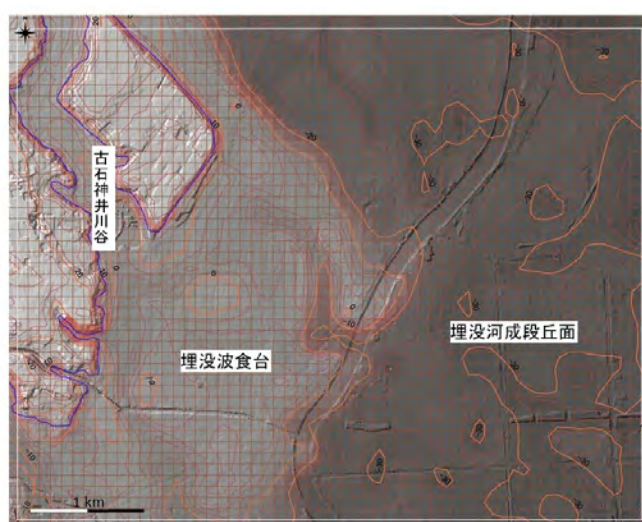


図-8 モデル地域の沖積層基底面モデル（標高段彩図表現） 等高線は2m間隔。背景図は図-6の地形陰影図

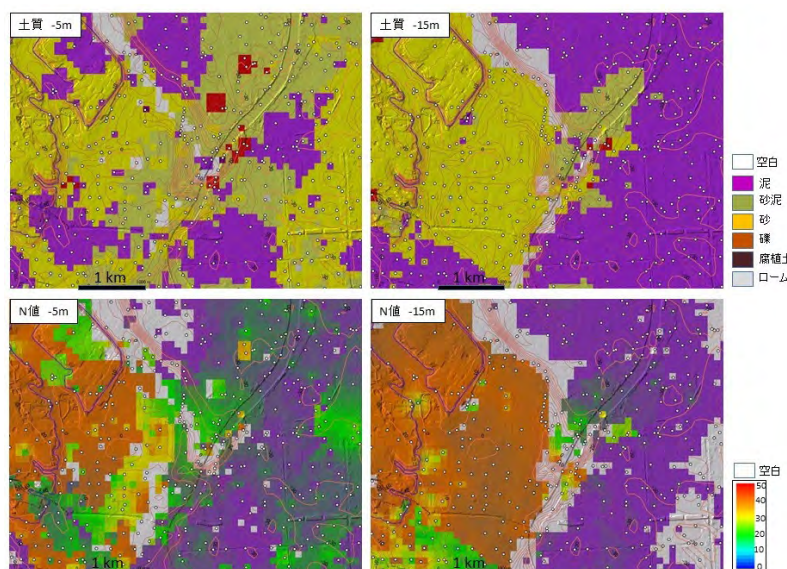


図-9 モデル地域の3次元グリッドモデルの土質とN値の水平断面図（左図：標高-5m，右図：標高-15m）背景図は図-6の地形陰影図

されている。同断面図には、グリッドモデルとの比較のため、南北200m幅にあるボーリング柱状図が表示されている。

標高-15mの水平断面図（図-9右）では、埋没河成段丘面地域に沖積層のN値5以下の軟弱な泥層（①）やN値10～20の砂・砂泥層（②）、一方、埋没波食台地域から台地域には更新統のN値30～40の比較的硬い砂層・砂泥層の分布が表現されている。隅田川右岸沿いには、埋没河成段丘面から埋没波食台地域にかけて、礫層を伴う砂層（③）が延長している。標高-5mの水平断面図（図-9左）において、埋没河成段丘面地域にN値8～20ほどの砂・砂泥層が広い面積を占めて分布している。これらの異なる標高の水平断面図に認められる土質特性の分

布と変化は、図-10の地質断面図で垂直方向の変化として読み取ることができる。上記の②は、図-10の土質断面で標高-10m以浅に分布し、①にあたる厚い沖積層の泥層の上位に重なっていることがわかる。②は、既往研究^{3) 4)}と比較すると、デルタ平坦面からフロント上部相当を構成する砂層に、①の泥層はデルタフロント下部からプロデルタ（内湾泥底環境）に、③は浅草から延びる沿岸砂州にそれぞれ対比できる。図-10の地質断面図において、沖積層基底面直下、標高-25～-40m付近に厚さ5～10mのN値35以上の固い礫層の分布が認められる。同礫層は、周囲の地層に比べて著しく大きい400m以上のS波速度を示す。同礫層は、既往の研究^{3) 4)}との対比から立川段丘礫層に対比できる。

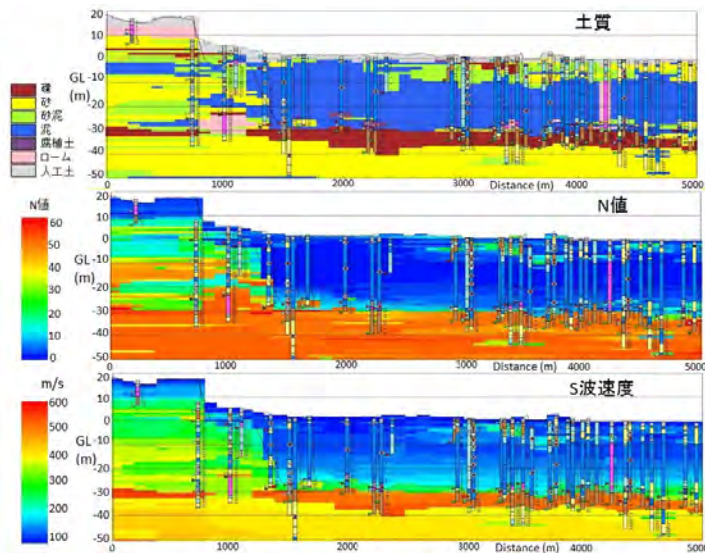


図-10 北緯 35.702 度を通る東西地質断面図
3次元グリッドモデルで表現された土質、N値、S波速度を背景図として表示している断面図の位置は図-6を参照

5 まとめ

離散的に分布するボーリングデータを用いた3次元地盤モデルの構築手法として、3次元グリッドモデル構築の手法と隅田川中流付近の東京低地の適用事例を紹介した。本手法は、江藤ほか⁴⁾、石原ほか⁵⁾、木村ほか⁶⁾で開発された一連の3次元グリッドモデル構築手法を継承し、地質境界面モデルの導入、モデル精度の検証、可視化と応用課題への展開の機能が新たに組み込まれている。この実行プログラムは、公開を目的に開発されているので、幅広く活用されることが期待される。今後も地質境界面モデル作成の支援機能やグリッドモデル計算処理の精度改善に向けてプログラムの改良に取り組む必要があると考えている。

〈参考文献〉

- 1) 野々垣進：「地質境界面に基づく3次元地質モデリングシステムの現状と課題」, 「情報地質」, V22, P131-142, 2011
- 2) 木村克己・花島裕樹・石原与四郎・西山昭一：「埋没地形面の形成過程を考慮したボーリングデータ補間による沖積層基底面モデルの三次元解析：東京低地北部から中川低地南部の沖積層の例」, 「地質雑」, V119, P537-553, 2013
- 3) 木村克己・升本真二・高野修：「三次元地質モデル研究の動向」, 「地質雑」, V119, P509-514, 2013
- 4) 江藤稚佳子・石原与四郎・田辺晋・木村克己・中山俊雄：「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」, 「地質雑」, V114, P187-199, 2008
- 5) 石原与四郎・宮崎友紀・江藤稚佳子・福岡詩織・木村克己：「東京港湾地域のボーリング情報を用いた浅層3次元地質・地盤モデル」, 「地質雑」, V119, P554-566, 2013
- 6) 木村克己・花島祐樹・西山昭一・石原与四郎：「ボーリングデータ解析による浅部地下地質構造の三次元モデリング：東京低地北部から中川低地南部の例」, 「特殊地質図no.40」, P56-113, 「地質調査総合センター」, 2014
- 7) 木村克己・花島祐樹・山本浩司・石原与四郎・王寺秀介・和田里絵・大井昌弘：「ボーリングデータを用いた都市地盤モデルを対象とした三次元グリッドモデル構築手法とその適用性」, 第51回地盤工学会研究発表会講演論文集, 2016.
- 8) 木村克己・花島祐樹・大井昌弘：「ボーリングデータに基づく三次元グリッドモデル構築手法：東京低地への適用」, 第52回地盤工学会研究発表会講演論文集, V257-258, 2017.
- 9) 森田祥子・木村克己・大井昌弘・王寺秀介・花島祐樹：「三次元グリッドモデル構築手法の適用検討事例：北東部の東京湾低地（市原市）」, 第51回地盤工学会研究発表会講演論文集, 2016.
- 10) 王寺秀介・山本浩司・木村克己・大井昌弘・花島祐樹：「三次元グリッドモデル構築手法の適用検討事例 - 大阪平野 -」, 第51回地盤工学会研究発表会講演論文集, 2016.
- 11) 木村克己：「ボーリングデータ処理システムの公開」, 「産総研TODAY」, V19, 2011.
- 12) 野々垣進・升本真二・塩野清治：「3次元B-スプラインを用いた地質境界面の推定」, 「情報地質」, V19, P61-77, 2008
- 13) 東京都建設局：「東京都の地盤（GIS版）」
<http://www.kensetsu.metro.tokyo.jp/jigyo/tech/start/03-jyohou/geo-web/00-index.html>
- 14) 木村克己・石原与四郎・宮地良典・中島礼・中西利典・中山俊雄・八戸昭一：「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」, P1-18, 2006

活断層データベース

あづま たかし * みやもと ふじか *
吾妻 崇 * ・ 宮本 富士香 *

K
Key Word

活断層, データベース, 活断層図, 地震防災, 活断層の長期評価,
強震動予測, 断層パラメータ, 産総研

1 はじめに

1.1 活断層データベース構築の経緯

活断層という用語が広く知られるようになったのは、1995年兵庫県南部地震（マグニチュード7.3）の発生により、兵庫県の神戸市周辺及び淡路島を中心に大きな被害が生じた阪神大震災発生以降である。このときには、神戸の南にある淡路島の北西岸に沿って分布する野島断層という活断層が震源となった。この地震を契機として、一般の人の中にもどこに活断層があるのか関心を持つ人が増え、研究者向けに作成された活断層図が広く普及した。政府には「地震調査研究推進本部」が設置され、全国の主要活断層帯を対象とした調査観測が計画された。それを受けて、活断層を対象とした調査の数は飛躍的に増加し、数多くの論文や報告書が公開された。国の地震防災において重要な意義を持つ活断層の調査成果を手軽に調べるために構築されたのが、産業技術総合研究所（以下、「産総研」）で公開している活断層データベース（以下、「活断層 DB」）である。

活断層 DB の内容については、その構成とシステムや表示データについて詳しくまとめた報告¹⁾が一度公表されているが、2019年4月に検索画面の構成変更などの含む大幅な更新を行ったので、その内容を含めてここで紹介する。

1.2 活断層図から活断層 DB へ

活断層に関する研究は1960年代後半から活発に行われ始め、1980年にはそれまでに公表された研究成果に加えて、主に地形学や地質学の専門家たちの研究グループである活断層研究会が実施した全国の断層変位地形の空中写真判読の結果をまとめた「日本の活断層 — 分布図と資料 —」²⁾が発刊された。

その約10年後にあたる1991年には、その後の研究成果を追加した「新編日本の活断層 — 分布図と資料 —」³⁾が刊行された。また同じ頃、全国をカバーする「50万分の1活構造図」や特定の活断層に関する詳細な情報を取りまとめた「活断層ストリップマップ」のシリーズが、地質調査所（当時：現在の産総研 地質調査総合センター）から刊行された。

1995年兵庫県南部地震発生以降になると、都市域に分布する活断層を縮尺25,000分の1の地形図上に図示した「都市圏活断層図」のシリーズが国土地理院から順次刊行された。さらに、全国の活断層を縮尺25,000分の1の等高線図に示した電子データをDVDに収録した「活断層詳細デジタルマップ」⁴⁾が活断層研究者らによって出版された。これらの資料は、いずれも専門家を対象とした学術資料であり、「都市圏活断層図」を除くと、いずれも高額で一般の人には入手が困難であった。また、紙媒体として作成されるため、地図の縮尺により掲載できる情報にはどうしても限りがある。

そのような状況の中、産総研ではインターネット上で活断層の調査成果に関する必要な情報を入手することができるシステムの構築を2000年頃から開始し、2005年に「活断層データベース」⁵⁾を公開した。その背景には、地震調査研究推進本部で行われている活断層の長期評価の資料作成に資するという目的も含まれていた。

2 活断層 DB の特長

2.1 シームレスかつ多様な縮尺の活断層図

産総研の活断層 DB で最も良く活用されるのが、地図上で活断層の位置を確認しながら、それぞれの

* 国立研究開発法人産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門

活断層に関する情報を調べる方法である。全国地図の中から見たい場所に近付き、目的の活断層を探す。活断層 DB の画面上に示される活断層の位置は、縮尺 20 万分の 1 の地図上で編集されたものであるため、拡大して建物や道路などと活断層との位置関係を比較することができる精度ではない。一時期には活断層の位置情報の電子データをダウンロードできるサービスを行っていたが、上記の位置精度を配慮せずに使用されることを懸念して、現在はこのサービスは行っていない。

活断層 DB では、活断層の特性に関する情報、各調査地点で得られた成果（断層変位・断層活動時期）に関する情報、活断層調査に関する論文や報告書などの文献情報がデータ化され、整備されている。また、地質図や震源分布などの情報を活断層の分布を示した地図に重ねて表示したり、他機関が公表している活断層に関するウェブサイトへリンクが張られたりしている。さらに、活断層 DB には「地下構造可視化システム」が併設されており、活断層周辺の任意の範囲における地下深部の構造を確認することも可能である。

2.2 「固有地震」に基づく活断層の区分

活断層の情報や調査成果のデータを整理するためには、活断層を区分する必要がある。産総研の活断層 DB では、データを収録する単元として「活動セグメント」が用いられている。

「活動セグメント」は、断層線の幾何形状、平均変位速度、断層センス、走向・傾斜、最新活動時期などの特性によって区分された活断層であり、活断層から発生する地震を評価する際の基本となるものである。

活断層 DB では、これらの活断層に関する各種パラメータが「活動セグメント」ごとに整理され、活断層から将来発生する地震の確率計算が行われている。なお、大地震の発生と関係する活断層を対象としていることから、単独で長さが 10 km に満たない活断層は、このデータベースに収録されていない。

一方、ある程度近接して分布する活断層は、大地震を発生する際に断層面の破壊が伝播し、複数の「活動セグメント」が連動して大地震を発生する可能性がある。活断層 DB では隔離距離が 5 km 未満の「活動セグメント」は連動する可能性があるという基準を設け、連動する可能性がある範囲をグルーピングした「起震断層」という単元を設定している。すなわち、基本的に活動を繰り返す活断層の単元が「活動セグメント」であるが、ときには「起震断層」の範囲内で連動した大地震が発生することを想定して

いる。

過去に発生した大地震を例に挙げると、1891 年に中部地方で発生した濃尾地震（マグニチュード 8.0）では、長さ約 80 km の地表地震断層が出現したことが報告されているが、複数の地点で実施された古地震調査の結果から 1891 年の地震に先行する断層運動は地点によって異なっていることが明らかにされている。活断層 DB では、1891 年濃尾地震を発生させた「起震断層」（濃尾起震断層）は、温見・根尾谷・黒津・長滝・梅原の 5 つの「活動セグメント」で構成されるとしている。

2019 年 5 月現在、活断層 DB には 320 の「起震断層」と 583 の「活動セグメント」が登録されている。今後実施される活断層の調査研究によって新たな活断層が認定されたり、「活動セグメント」の区分が変更されたりすると、これらの数字は変更される可能性がある。また、調査研究が行われることによって活断層ではないことが明らかになることもあり、上記の数には調査結果に基づいて活断層ではないと評価された「起震断層」（10 断層）と「活動セグメント」（14 セグメント）が含まれている。

2.3 断層パラメータ

産総研の活断層 DB では、活断層の特徴を示すパラメータとして、「走向」・「傾斜」・「長さ」・「断層型」・「変位の向き」・「平均変位速度」・「単位変位量」・「平均活動間隔」・「最新活動時期（野外調査結果・対応歴史地震）」・「地震後経過率」・「将来活動確率（BPT 分布モデル・ポアソン過程モデル）」が示されている。また、それぞれの「活動セグメント」ごとに各調査地点の情報とそこで得られた断層変位や断層イベント（断層活動時期）に関する情報が整理されている。

これらの値のうち「平均変位速度」や「平均活動間隔」、「地震後経過率」、「将来活動確率」などは調査地点による違いなどによって幅を有していることが多いが、活断層 DB では個々の「活動セグメント」の特性を比較しやすいように中央値を使って 1 つの値にしている。

2.4 他のデータとの重ね合わせ

活断層 DB では、活断層の分布図を地質図や地震の震央分布といった様々な情報を重ね合わせて見ることができる。

- 20 万分の 1 シームレス地質図
- 第四紀火山
- 海域地質構造データベース
- 地震ハザードステーション
- 主な被害地震

- ・都市圏活断層図
- ・最近発生した地震の震源位置
- ・地震の震央
- ・緯度経度グリッド
- ・5万分の1地形図の図郭
- ・背景地図

2.5 関連サイトへのリンク

活断層 DB の凡例ボックスから下記の各サイトへのリンクが設定されているほか、「活動セグメント」の概要のページから、対応する断層帯に関する地震調査研究推進本部が公表している活断層の長期評価へのリンクが設定されている。

- ・20万分の1日本シームレス地質図（産総研）
- ・海域地質構造データベース（産総研）
- ・第四紀火山（産総研）
- ・地震ハザードステーション（J-SHIS：防災科学技術研究所）
- ・都市圏活断層図（国土地理院）

3 活断層データベースの使い方

3.1 地図画面から活断層を検索

活断層 DB のもっとも一般的な使い方は、地図画

面から目的とする活断層を探す方法である。トップページ左側の日本列島の地図が描かれている図（図1の①）をクリックすると検索画面が開く。検索画面には地形陰影図上に活断層が赤線で引かれている（図2）。背景の地図は、画面右上のタブ（図2の⑦）をクリックすると示される9種類の地図や衛星画像から選択することが可能である。地図は拡大縮小することができ、日本地図の上を移動しながら目的の活断層を探すことができる。地図拡大は、活断層線の位置精度を考慮し、ズームレベル13までとしている。目的とする活断層の線をクリックするとその「活動セグメント」に関する簡単な説明が書かれた吹き出しが開き、その中に書かれている「詳細」の文字をクリックすると「活動セグメント」の概要やその断層パラメータが示された画面へ移動する。

また、調べたい地域の範囲を地図上で指定して、その中に分布する活断層を全て検索することも可能である。まず、画面左上の四角（図2の⑥）をクリックして凡例を表示させ、「範囲指定」をチェックする。地図上に示された紫色の四角形を、2ヶ所の角のバールン記号（図2の⑧）を移動させて範囲を設定し、「検索」ボタンをクリックすると、その範囲内に分布する「活動セグメント」に関する断層パラメータのリストが表示される。



図1 産総研の「活断層データベース」のトップページ

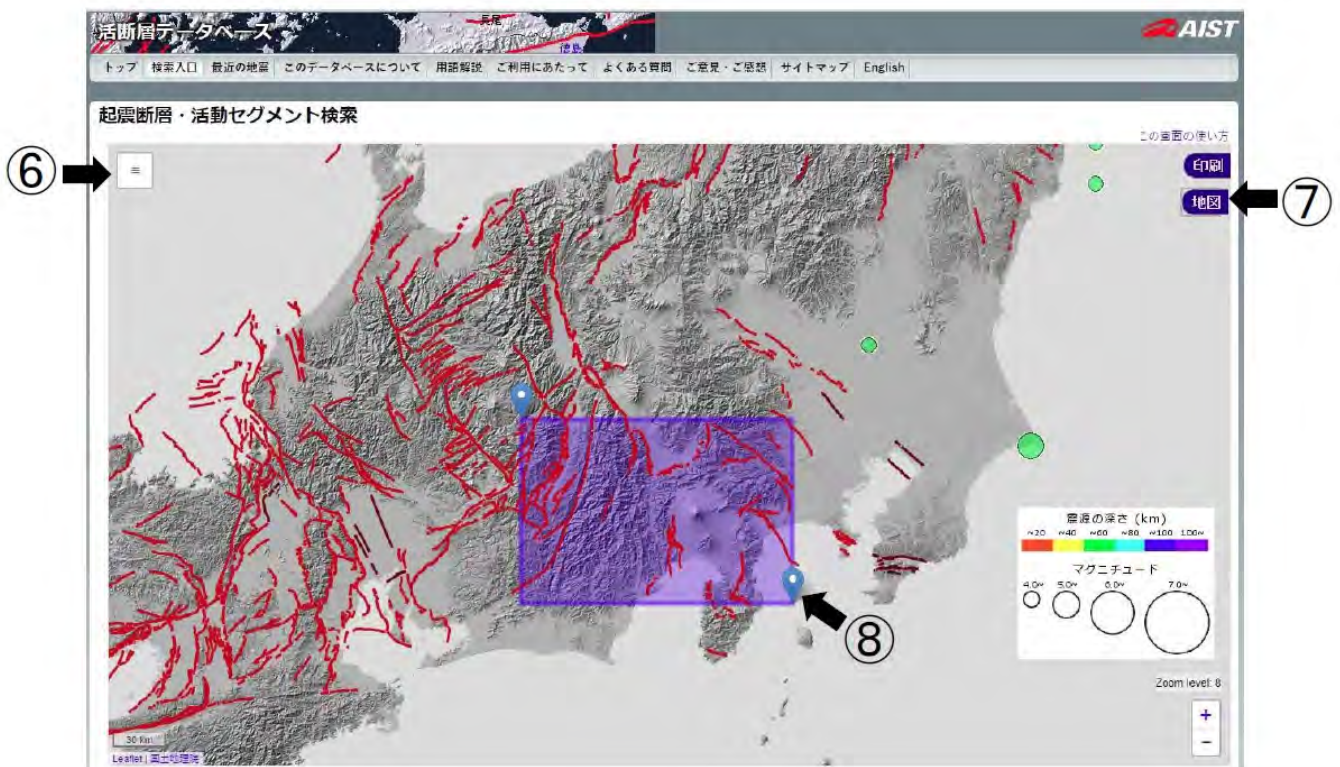


図2 起震断層・活動セグメント検索画面

3.2 断層パラメータから活断層を検索

日本列島の地図画像をクリックして開いた検索画面から、調べたい活断層に関する情報を選択し、該当する活断層を表示させることも可能である。

活断層の長さや平均変位速度、最新活動時期などの値を設定するか、活断層が分布する都道府県名や断層型などをプルダウンメニューから選択し、「検索」と書かれたボタンを押すと、該当する「活動セグメント」のリストが表示される。

3.3 調査地点情報の検索

活断層 DBには、約 21,000 地点（2019 年 4 月時点）の調査地に関する情報がデータ化されて登録されており、活断層調査が実施された地点の位置とその地点での成果やその出典を調べることができる。トップページの左側にある重機のイラストが書かれた部分（図1の③）をクリックすると、活断層調査が実施された地点をプロットした地図が表示される。範囲を指定して、調査方法の種類を選定して検索ボタンをクリックすると、該当する活断層調査地点の位置をリストが表示される。

各調査地点について、「調査地番号」・「調査地名」・「緯度経度」・「位置精度」・「文献断層名」・「調査方法」・「調査研究備考」・「調査機関名」・「調査年」・「活動セグメント」・「文献」が表示されるほか、「変位

一覧」・「炭素年代試料一覧」・「イベント一覧」・「写真」へのリンクが設定されている。

3.4 活断層に関する文献を検索

トップページの左側にある本のイラストが描かれた部分（図1の②）をクリックすると、文献検索の画面が表示される。ここに調べたい文献の著者名や雑誌名などを入力して検索ボタンをクリックすると、該当する論文の一覧表が表示される。

検索結果には、「文献番号」・「著者」・「発行年」・「題名」・「雑誌名」・「巻・号」・「ページ」・「調査地情報」といった情報が表示されるほか、文献の PDF や国立情報学研究所の文献検索システム（CiNii）へのリンクが用意されている。

3.5 産総研による調査情報の検索

トップページ左側にあるヘルメットが描かれた部分（図1の④）をクリックすると、産総研が調査を実施した調査の報告書やその成果に基づく出版物に掲載されている詳細な情報を閲覧することができる。現在収録されているものは、海域調査測線とストリップマップ、トレンチ調査地点の写真及び2016年熊本地震の地表地震断層である。

海域調査測線については、2006年度以降に産総研が実施した20断層帯の海域活断層調査の成果に

ついて、測線位置と探査の諸元及び報告書のPDFを示している。

ストリップマップについては、地質調査所時代に刊行した9断層の地図画像と活断層線を表示させることが可能である。

トレンチ調査地点の写真は、産総研が実施したトレンチ調査の現場で調査担当者が撮影した写真を閲覧することができるもので、2019年4月現在で約20地点が登録されている。

2016年熊本地震の地表地震断層に関する情報は、2016年度から2018年度に実施された受託調査の成果を活断層DB上に掲載したものである。熊本地震に伴って出現した地表地震断層の分布と調査地点が地図上を示すことができるとともに、地表地震断層の位置情報及び各調査地点で計測された変位量のデータをダウンロードすることが可能である。

4 活断層に関するデータ

4.1 活断層の分布や形状に関する情報

(1) 走向

活断層の平面的な分布形状について、その一般的な方向を示している。活断層の走向は局地的にみると場所ごとに变化するが、活断層DBでは「活動セグメント」の両端点を結んだときの方向を「一般走向」として5度刻みで記載している。

(2) 傾斜

活断層の断層面が、地下においてどの方向にどれくらいの傾斜角で傾いているのか、その値が示されている。

大地震が発生する場所は地下10kmよりも深いことが多く、断層面が傾斜している場合には、震央が地表における活断層の位置からずれることが起こり得る。一義的には震源からの距離が近い程地震動が大きくなるため、断層面の傾斜方向及び傾斜角度は、活断層が活動した際の地震動評価を事前に行なう上で重要な情報である。ただし、活断層の傾斜に関する情報の多くは地表付近で得られているが、地表付近と同じ傾斜角度のまま地下深部の地震発生域まで断層面を延長して良いかどうかについては注意深い検討が必要である。

(3) 長さ

「起震断層」の長さは、それに含まれる「活動セグメント」を地図上に図示したときの両端点を結ぶ長さであり、各「活動セグメント」の長さの値の単純な和ではない。

「活動セグメント」の長さは、多くの場合、その両端点を結ぶ直線の長さを表している。この値は平

均活動間隔を暫定的に求めるときに必要な単位変位量を決める数値であるため、活動性評価においても重要なパラメータである。

4.2 活断層の動きに関する情報

(1) 断層型

正断層・逆断層・横ずれ断層といった断層の動くセンスに関する情報である。横ずれ断層については、右横ずれと左横ずれに分けて示される。

(2) 変位

活断層の活動により、断層面の両側の岩盤が互いに相対的に移動することを「変位」という。地表では地面の段差や食い違い、広い範囲の撓みなどとなって現れる。

活断層のずれによる相対的な移動の量である変位量は上下（鉛直）成分、水平方向成分に区分され、さらに水平方向成分は横ずれ（走向と平行する方向）成分と傾斜方向（走向と直交する方向）成分に区分される。それら3成分のベクトルの和が実変位量（ネット変位量）である。

(3) 変位の向き

活断層が動く向きについて、正断層と逆断層については隆起する側の方位を、横ずれ断層であれば右横ずれ・左横ずれの違いが示されている。

活断層のずれによる被害を事前に考慮する際には、単位変位量と並んで重要なパラメータである。

(4) 単位変位量

単位変位量とは、活断層が1回の断層活動で変位する量のことである。固有地震の考え方に基づけば、ある地点ごとにおおむね一定であると考えられている。また、ある「活動セグメント」の単位変位量の平均的な値は、その長さとの比例関係があることが示されており⁶⁾、この経験式を用いて単位変位量を見積もることができる。

4.3 活断層の活動性に関する情報

(1) 平均変位速度

平均変位速度は活断層の活動性を示す指標であり、断層変位の基準となる地形や地層の変位量（単位:m）を、基準とした地形面や地層の形成年代（単位:年）で除した値である。通常は1,000年あたりの変位量として示すことが多い。

活断層DBでは、平均変位速度の具体的な数値が得られていない場合、地形表現から活動度を判断し、以下の値を仮置き値として与えている。

A級	(仮置き値はなし)
A級下位	1.0 m/千年
B級	0.5 m/千年

- B級下位 0.3 m/ 千年
- B級最下位 0.1 m/ 千年
- C級 0.0 m/ 千年

(2) 平均活動間隔

活断層が固有地震を伴う活動を繰り返すときの平均的な時間間隔である。1回ごとの活動間隔にはさまざまな要因によるばらつきがあることが知られているため、将来の活動時期の予測などには複数回の活動間隔の平均値と、そのばらつきを考慮する必要がある。

(3) 最新活動時期

ある活断層が最近に固有地震を伴って活動した時期のこと。この時期と平均活動間隔から将来活動確率を計算することができる。活断層DBでは、野外調査結果から知られる最新活動時期と断層活動と対応する歴史地震の年代が示されている。

(4) 断層活動イベント

活断層が過去において固有地震に伴って活動した事象を指す。とくに地質学的な過去の活動の証拠は、断層が活動した時点の地表面が、地層内のある層準における変位や変形の不連続となって記録されることが多く、この層準を(断層活動)イベント層準と呼ぶ。活断層DBでは、イベント年代に関する原著における記載の表現に基づき、確実(definitive)・推定(probable)・可能性(possible)の3段階に区別している。

4.4 活断層の将来の活動に関する情報

(1) 地震後経過率

ある「活動セグメント」の最新活動時期から現在までの年数(経過時間)を、その「活動セグメント」の平均活動間隔で割った値である。この値が1に近づくと次の活動時期が近いことを示す。なお、1回ずつの活動間隔にばらつきがあることや、野外で得られた個々のデータに幅があることにより、地震後経過率が1を超えることもある。

(2) 将来活動確率

活断層は繰り返し活動するために、平均活動間隔と最新活動時期が判明すれば、将来の活動時期の予測が可能となる。実際の活動間隔にはさまざまな要因によるばらつきがあることが知られている。このばらつきを考慮して将来の一定期間内に活動する可能性を確率で示したものが将来活動確率であり、その算出方法にはBPT分布を用いた更新過程モデル(BPT分布モデル)とポアソン過程モデルがある。

BPT分布モデルは、平均活動間隔と最新活動時期の情報がある場合に、活動間隔の分布モデルにBrownian Passage Time (BPT) 分布を用いて将来

活動確率を計算する。

ポアソン過程モデルとは、過去の活動時期によらず断層が活動する確率は常に不変であるとする考え方に基づく。そのため、最新活動時期が不明の場合でも将来活動確率を計算することが可能である。この方法で得られた将来活動確率は、BPT分布モデルを用いたものと比較して、地震後経過率が小さい場合には高い確率値が、地震後経過率が大きい場合には低い確率値が得られる。

5 国土強靱化のための知的基盤

近年における活断層への注目の高さは、地震防災が目的であることは言うまでもない。内陸の活断層を震源とする大地震による被害の甚大さは、神戸や熊本の地震に代表される。

建物の耐震基準が向上し、地震で倒壊する家屋は減っている。しかし、活断層を震源とする大地震では、とくに活断層周辺において建物や構造物で被害が発生している。これは活断層近傍における通常とは異なる揺れによる被害と断層運動による地盤のずれによる被害が関係している。活断層近傍における強震動予測には、活断層DBに掲載されているような活断層の詳細位置とその動きに関する情報が必要となるであろう。

また、地盤のずれによる被害の軽減に関しては、活断層の詳細な位置に関する情報だけでなく、動くとしたらどの方向にどれくらいの量でずれる可能性があるのか知っておかなければ事前対策を立てることができない。そのときにも活断層DBが利用されることが期待される。

〈参考文献〉

- 1) 宮本富士香・吉岡敏和「産総研の活断層データベース」, 月刊地球, Vol.33, No.12, pp.759-769, 2011.
- 2) 活断層研究会編「日本の活断層—分布図と資料—」, 東京大学出版会, 1980.
- 3) 活断層研究会編「新編日本の活断層—分布図と資料—」, 東京大学出版会, 1991.
- 4) 中田 高・今泉俊文編「活断層詳細デジタルマップ」, 東京大学出版会, 2002.
- 5) 産業技術総合研究所「活断層データベース」<https://gbank.gsj.jp/activefault/> (2019年5月17日現在)
- 6) 栗田泰夫「日本の地震断層におけるセグメント構造とカスケード地震モデル(試案)」地質調査所速報no.EQ/99/3(平成10年度活断層・古地震研究調査概要報告書), pp.275-284, 1999.

三次元地質・地盤モデル構築における地盤情報データの活用

くどう わだ りえ にしやま しょういち
工藤 (和田) 里絵*・西山 昭一*

Key Word

三次元地質モデル, 三次元地盤モデル, 地盤情報, BIM, オープンデータ, 不確実性

1 はじめに

数年来、三次元地質・地盤モデル構築の需要が増加している。その背景には土木分野への Building Information Modeling (以下、BIM と表記) の浸透がある。BIM for Infrastructure では、地質や地盤の解析結果やリスク情報も三次元モデルとしての表現と管理が求められる。

一方、地質・地盤の三次元モデルは、構造物を表現する実体モデルとは全く質の異なる、不確実性を有する仮想モデルであることに注意が必要である。その特徴としては、事業や作成目的、用途によって表現する事象や手法が異なること、技術者の推論や思想による解釈が含まれていること、解は一つではなく与えられた条件に対して最も妥当なものが提示されているに過ぎないことなどが挙げられる。

地質・地盤モデルの基となるデータ量が限られる場合、モデルの「次元」が拡張されるとその不確実性は増大する。何故なら補間範囲が広がるからである。言い換えると、従来の二次元平面・断面と同等かそれ以上の信頼性を持つ三次元モデルを作成するには、その次元に見合う質と量の基データが必要ということになる。この観点から、地質・地盤の三次元モデル構築には地盤情報のオープンデータの活用が必須である。

本稿では、オープンデータを活用した三次元地質・地盤モデルの構築における留意点について述べる。

2 三次元地質・地盤モデルの適用分野

まずは、三次元地質・地盤モデルがどのような分野や用途で作成されているかを紹介する。

図-1 は、応用地質(株)が2003年～2018年ま

での15年間に三次元地質・地盤モデルを適用した事業分野とその割合を示している。適用数が最も多いのはトンネル・道路分野であり、資源・エネルギー、斜面防災分野がそれに次ぐ結果となっている。

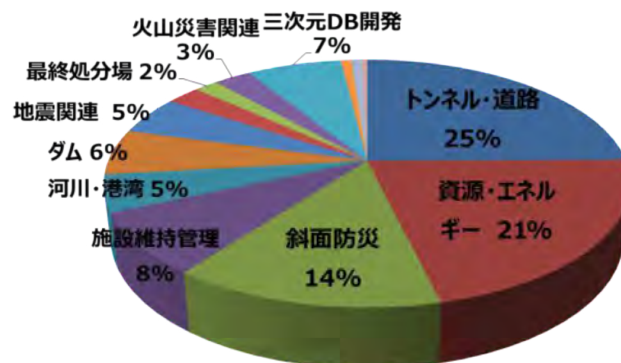


図-1 応用地質(株)が三次元地質・地盤モデリングを適用した事業分野(2003年～2018年, 519件の内訳)

トンネル分野において作成した三次元地盤モデルの例を図-2に示す¹⁾。このモデルはトンネル崩落の状況を把握することを目的として、ボーリング柱状図や物理探査、切羽スケッチなどのデータを基に構築した。屈曲する面モデルは脆弱部の上面を、切羽スケッチ断面図は崩落部を表現している。この例のように、トンネル・道路分野や斜面防災分野における三次元モデルは、地質・地盤の災害リスク個所と構造物との関係を明らかにすることを目的として、数100m四方の比較的狭い範囲を対象として作成するケースが多い。

*応用地質株式会社

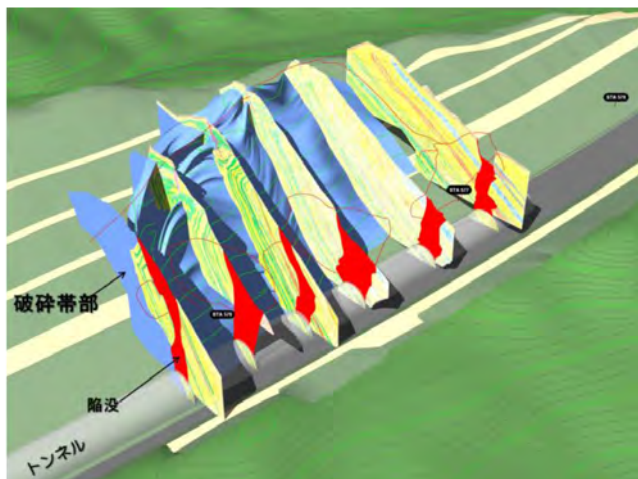


図-2 脆弱地盤とトンネル崩落部の関係を表した三次元地盤モデル¹⁾

一方、資源・エネルギー分野では、エネルギープラントの支持地盤の推定を目的として数100m四方について地盤モデルを作成するケースや、資源分布の把握のために10km四方以上の広域にわたり地質モデルを作成するケースなどがある。図-3は、東京都心部における大規模地中熱利用の実現可能性を定量評価するために作成した地中熱ポテンシャルマップである²⁾。

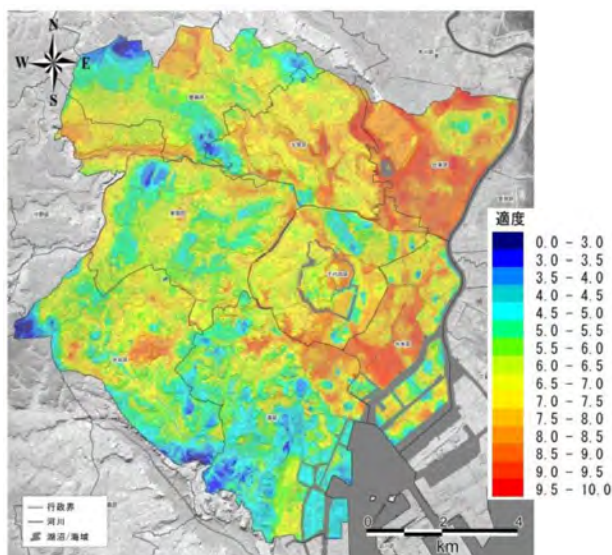


図-3 脆地表面から深度50mを対象とした地中熱ポテンシャルマップ(文献²⁾の図4.48を引用)

地中熱ポテンシャルは、地下水流速、地表面から自由地下水面までの距離、地層に占める砂礫層の割合などから算出される「適度」呼ばれる相対的な指標で表される。この事例の場合、三次元地質モデルは三次元陸水シミュレーション用の解析用格子モデ

ル構築と数値モデルへの地質・水理特性の付与に用いられている。

上記2例とも、モデルを作成にあたっては地盤情報のオープンデータも活用している。

3 地盤情報データ活用時の留意点

前章で紹介した地中熱ポテンシャル評価の基となった三次元地質モデルを題材に、地盤情報のオープンデータを用いてモデルを作成する際の留意点と課題について述べる。

3.1 三次元地質モデルの仕様とワークフロー

モデル化対象範囲は、水平方向については東京都区部のおおよそ14km四方を、鉛直方向は難透水層である上総層群北多摩層の分布深度を考慮しTP-250mまでとしている。グリッドサイズは50mである。最上位の沖積層から北多摩層までの12の層準について、地層境界を面モデルで、地質をソリッドモデル(B-Reps)で表現している。構築した地質モデルを図-4に示す。

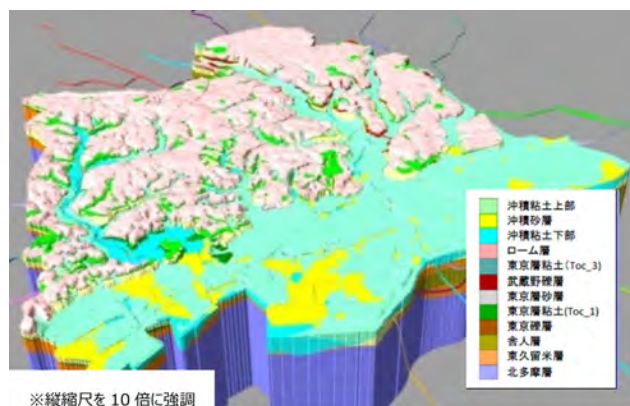


図-4 地中熱ポテンシャル評価のために作成した地質モデル²⁾

一般的な三次元地質・地盤モデル構築のワークフローを図-5に示す³⁾。公開データの活用という観点では、②「資料収集・整理と3次元データ化」～③-2「地質対比」までのプロセスが重要であり、その留意点を以下に述べる。

3.2 資料収集・整理と3次元データ化

モデル作成に供した地盤情報データの一覧を表-1に示す。使用したボーリング柱状図データは1473本である。

この段階で、より信頼性の高いモデルを構築するために我々が留意しているのは2点である。

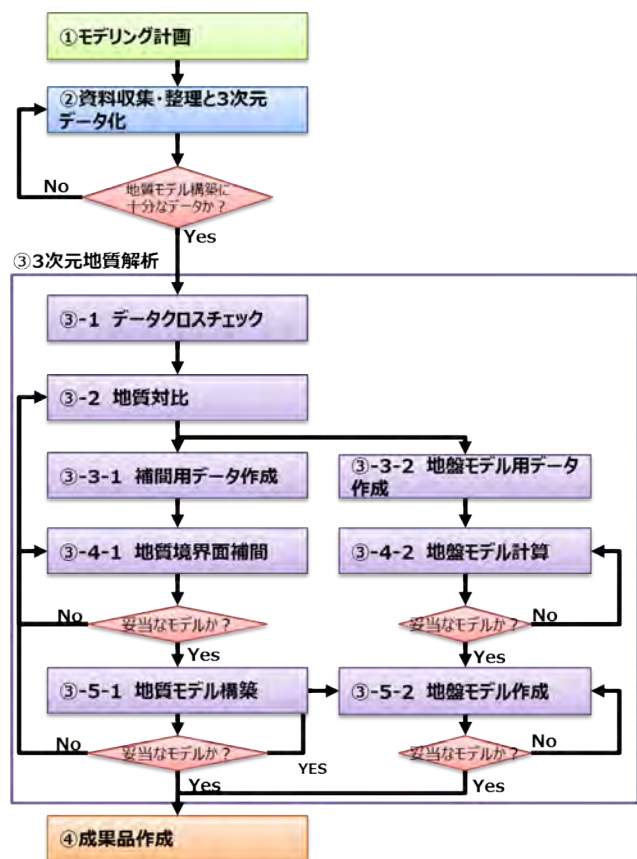


図-5 三次元地質・地盤モデル構築のワークフロー (文献³⁾のワークフローに加筆修正)

表-1 地質モデル作成に供した地盤情報データ

資料名	発行年	発行者
基盤地図情報(数値標高モデル) 5m メッシュ (標高)	2008	国土地理院
治水地形分類図「東京首都」 東京の地盤 (Web 版)	1977 2012*	国土地理院 東京都土木技術センター
国土地盤情報検索サイト 「KuniJiban」	2012*	国土交通省, 土木研究所, 港湾空港技術研究所
新版 東京港地盤図	2001	東京都港湾局, 東京都港湾 局港湾整備部技術管理課
東京都地質図集.6 東京都 (区部)大深度地下地盤図	1996	東京都土木技術研究所/ 東京都情報連絡室
土地分類調査(垂直調査)	1990 -2009	国土交通省 土地・水資源 局 国土調査課

※データ取得年

ひとつめは、収集するデータの多様性である。どの事業分野のモデルとも、当該業務で得られるデータ(例えば、踏査結果や UAV 調査、ボアホールカメラのデータ、動態観測データ、空中レーザー測量のデータ)を総合的に解釈して作成するのはもちろんであるが、様々な種類と形態のオープンデータを

収集している。活用するデータの種類としては、ボーリング柱状図の他に、地形に関しては地形図、地形分類図、空中写真、土地条件図、地質に関しては地質図、地質断面図、土地分類図などがある⁴⁾。

もうひとつは、モデル作成範囲よりも十分に広い範囲についての情報を収集することである。何故なら、地質・地盤モデルには地史を織り込む必要があり、山岳地帯の古く複雑な地質構造・岩盤を対象とする場合は地域全体の造構運動についての情報を、平野の比較的新しい堆積構造・土質を対象とする場合は後背地の情報を加味することが重要だからである。

あらかじめのデータを収集した後に、それらを三次元空間上に配置し、モデル構築に十分なデータ量と分布密度があるか否かを判断する。判断の指標のひとつは、モデルに求められる詳細度(level of detail⁵⁾)である。モデルの用途、モデルを利用する建設段階、表現対象とする事象、地質・地盤条件などによりモデルに求められる詳細度が異なることを念頭に置く必要がある。

3.3 データクロスチェックと地質対比

クロスチェックによるデータの取捨選択や修正は、既往文献による当該地域の地質・地盤の特徴と照らし合わせ、根拠を明確に行う必要がある。実作業としては地質対比と同時並行的に行う場合が多いため、2項目を一緒に解説する。

例えば、地質断面図の場合、三次元空間上にパネルダイヤグラムを組み立てると、断面間の整合性が取れていないケースがあるため、交点合わせなどの修正が必要となる。また、ボーリング柱状図の場合、オープンデータは様々な業務目的や条件で作成されている。位置情報や高さ情報の精度は一様ではなく、適用している地質区分体系や拠り所としている標準層序もそれぞれ異なる。さらに厳密に言うと、データの品質は掘削技術や位置取得技術の向上、適用する基準の変遷など、そのデータが作成された時代の影響も受けている。地盤の状態も不変ではなく、掘削後の地盤沈下、地震による液状化、地盤改良などにより変化する。我々は、これらを踏まえた上でクロスチェックを行い、データを統一的に扱い層序を同定している。

このようなクロスチェックと地質対比を疎かにしたまま空間補間処理を行うと、自然現象としてあり得ないような地層境界面が算出されてしまう。算出された面モデルにコンターの集中や発散が生じた場合は、再度、基データに遡ってチェックを行う必要がある。

これらのプロセスを経て得られた層序データを基に、適宜、コントロールポイントと呼ばれるデータを補間しながら地質境界面モデルを作成する。本稿では説明を省くが、最後に、地史に基づいて複数の地質境界面モデルの切り合い処理を行い、地質構造のモデルを構築する。

図-4の地質モデルを作成する際に行った地質断面図のクロスチェックの状況を図-6に示す。二次元断面上ではなく三次元空間上で対比することで対比作業を効率的に行うことができる。この事例の場合、地質モデルは約3か月で完成している。

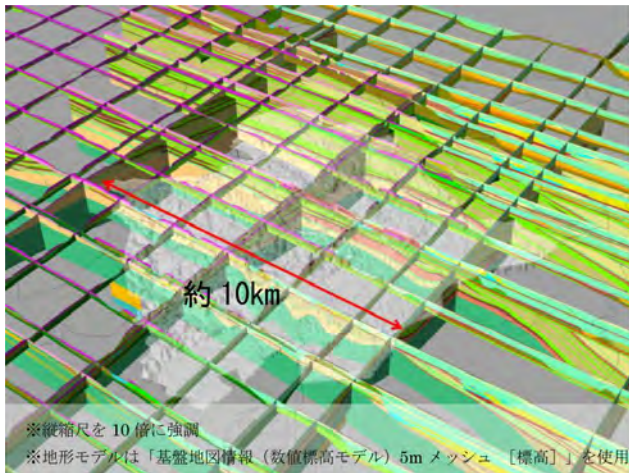


図-6 地質断面図のクロスチェック

4 今後の課題 –モデルの不確実性–

最後に、BIMの標準化活動において地質・地盤モデルの最重要課題として認識されている事項を簡単に紹介する。それは、不確実性に係る情報の交換と表現である。冒頭に述べたように、地質・地盤のモデルは不確実性を含む。モデルの不確実性には、地質・地盤の不均一性とその状態変化、計測限界、データの解析処理方法、技術者の力量・解釈など様々な要因が複雑に影響している。そのため、計測分野における「Uncertainty」^{6) 7)}のように定量的に評価することは困難であり、また、利用目的により許容できる不確実性の程度が異なるためモデルに対して絶対的なランク付けはできない。この課題については、海外ではbuilding SMARTInternationalとOpen Geospatial Consortiumが協調して取り組んでいく予定である。日本では現在、三次元地質解析技術の標準化やマニュアル化³⁾という観点で三次元地質解析技術コンソーシアムが、モデルの品質のトレーサビリティの確保という観点で日本建設情報センター社会基盤情報標準化委員会配下の小委員会がそ

れぞれ取り組んでおり⁸⁾、海外に先駆けた成果が待たれる。

5 おわりに

構造物の実体モデルを扱うBIMにおいて不確実性を有する地質・地盤のモデルを正しく扱うためには2つのアプローチが必要だと考えている。ひとつはモデルの不確実性（品質）の評価を可能とする情報を利用者に提供すること、もうひとつは、モデルの信頼性自体を向上させることである。それらの前段として、まずは、三次元地質・地盤モデリングを専門としない地質技術者や設計、施工関係者に地質・地盤モデルは唯一絶対的な地質・地盤の有り様を表現する実体モデルではないことを周知する必要がある。本稿がその一助になれば幸いである。そして、モデルの信頼性を向上させるという観点ではオープンデータの活用が有効であり、今後、より多くの多様なデータが簡単に入手可能な環境が整うことを願う次第である。

参考文献

- 1) Hirok,H., Shoichi,N., Kazuo,K., and Toshiro,O.: Visualization of geologic model for a cut slope using 3D geological analysis system, 第15回国際地盤工学会アジア地域会議, 2015.
- 2) 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構, 応用地質株式会社, 株式会社地圏環境テクノロジー, 東京大学: 「新エネルギーベンチャー技術革新事業 新エネルギーベンチャー技術革新事業（風力発電その他未利用エネルギー）都市における地中熱大規模利用可能性の総合評価」, 380p, 2013.3.
- 3) 3次元地質解析技術コンソーシアム: 3次元地質解析マニュアル Ver.1.0.1, pp.43-45, <https://www.3dgeoteccon.com/content5/main.html>, (2019年2月26日現在) .
- 4) 公益社団法人地盤工学会: 「地盤調査の方法と解説」, 2013.
- 5) BIM FORUM : LEVEL OF DEVELOPMENT (LOD) SPECIFICATION PART I & COMMENTARY For Building Information Models and Data, <https://bimforum.org/lo/>, (2019年2月26日現在)
- 6) JCGM 100:2008, Evaluation of measurement data- Guide to the expression of uncertainty in measurement.
- 7) JCGM 200:2012, International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM) 3rd edition.
- 8) Rie,K., Ryuji,E., Naoko,K., and Mamoru,M. : A study for enabling uncertainty evaluation of geological/geotechnical three-dimensional model in construction project, Soils Found. (in press) .

ウェブ地図と教育分野での活用

さとう たかのり
佐藤 崇徳*

Key Word

ウェブ地図, 地図タイル, 旧版地形図, 地理教育, 地形, 地図教材

1 現代の地図

地図は一般の書籍以上にデジタル化が進み、「地図」の姿は大きく変わった。今日、人々が日常生活において目にする地図は、紙に印刷されたものではなく、コンピューター（スマートフォン等を含む）の画面に表示されたものであることが多くなっているのではなかろうか。

現代の地図が従来の紙の地図とは何が違うのかを考えてみると、次の2点を挙げるができる。まず「コンピューターで見る地図」という点である。利用者の操作によってスクロール（移動）、ズーム（拡大・縮小）ができるなど、紙の地図にはなかった機能が提供され、地図が動的になった。もう一つは「インターネットを通じて得る地図」という点である。一般向けにパソコンが普及を始めた1990年代後半頃は、地図ソフト（CD/DVD）が販売されていた。利用者はそれを買ってパソコンにセットして地図を見た。すなわち、地図は利用者のCD/DVDやパソコンのハードディスクの中に収められているものであり、そこにはない地図は見るができなかった。ところが、現在は“ネット”で見るものとなった。必要なときに必要な場所の地図を無料で入手できる。ネットで探せば、いろんな地図を見ることもできるようになった。

本稿では、そうした“ネットで見る地図”という形態での地図情報の発信について考察するとともに、教育分野でそれを活用することについて紹介したい。

2 ウェブ・メルカトルの地図タイル

現代のネットで見る地図の代表格が「Google マッ

プ」（2005年～）だろう。Google以外にも同様の地図サイトは多数ある。例えば、国土地理院は「地理院地図」¹⁾（2013年～）を公開している。これらのネットで見る（ウェブ・ブラウザを利用してインターネット経由でデータを得て閲覧する）地図は「ウェブ地図」とも呼ばれる。また、このような地図サイトを構築するプログラムについては、Google マップを他者がウェブサイトに組み込むことができる機能（Google Maps API）をGoogleが提供しているほか、無料で利用できるオープンソースのライブラリー（例えば、LeafletやOpenLayers）も公開されている。つまり、多少の技術力は必要になるものの誰でも地図を発信することが可能な社会となっている。

今日のウェブ地図の技術を確立したのはGoogleだといってよい。ここでは地図データの規格に注目してみたい。ウェブ地図は、画面をスクロールしていけば継ぎ目なしにどこまでも地図が続いているように見えるが、これは地図タイルとよばれる一辺256ピクセルの正方形の画像を貼り合わせて大きな地図ができている。逆に言えば、巨大な世界地図を細かく分割したものが地図タイルである。地球を（回転楕円体ではなく）真球だとみなしてメルカトル図法で世界地図を描き、両極を除いた正方形の範囲を切り出し、これを地図タイルに分割する。最も小さな縮尺の地図は一辺256ピクセルの世界地図で、1段階拡大すれば世界地図の一辺が512ピクセルと縮尺が2倍になるが、これを縦横2分割することで一辺256ピクセルの地図タイル4枚から世界地図を構成する。さらにもう1段階拡大すれば、一辺256ピクセルの地図タイル16枚で世界地図を構成する（図1）。この地図データの規格は「ウェブ・メルカトル」と呼ばれ、Google マップに続いてYahoo! 地図など

*独立行政法人国立高等専門学校機構 沼津工業高等専門学校

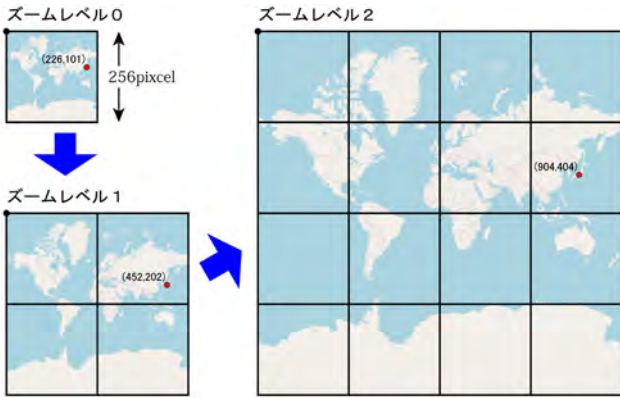


図1 ウェブ・メルカトルの座標と地図タイル
本図の地図画像には OpenStreetMap を使用
© OpenStreetMap contributors

他社の地図サイトもこれを採用し、ウェブ地図の標準となった²⁾。今日、地図タイルはピクセルの集合体である画像からベクトルデータへと進化しているが、それでもデータを一辺 256 ピクセルの画像に対応する範囲ごとに分割してファイルに収めるという意味で地図タイルの考え方は続いている。

そして、いろいろな団体や個人がこのウェブ・メルカトルの規格に則って地図タイルを作成して公開することによって、同一の規格に基づいたさまざまな種類の地図データが社会に蓄積されていくことになる。例えば、国土地理院は「地理院地図」のサイトで自ら地図閲覧サービスを提供するだけでなく、その素材である地図タイルを「地理院タイル」の名称で配信している³⁾。配信されている地図タイルは、地形図の画像だけでなく、空中写真（最新のものとおよび過去のいくつかの時期のもの）や土地条件図、都市圏活断層図など多くの種類がある。また、国立研究開発法人産業技術総合研究所（産総研）地質調査総合センターも地質図の地図タイルを公開している⁴⁾。

これらは同一規格のデータであるから、異なる種類の地図を画面上で重ね合わせたり、ほかの緯度・経度の情報をもつデータの背景図とすることも可能だ。無料で公開されているものについては、誰でもインターネット経由でそれを利用することができる。例えば、地図タイルに対応した GIS ソフトでは、パソコン上に地図データを保持せずとも、インターネット上の地図タイルをその都度ダウンロードして表示させることができる。また、地図タイルを他者が自分の地図サイトに組み込んで情報発信することも可能である。これにより、単に一つの地図を表示するだけでなく、複数の地図を組み合わせた高度な分析や情報発信が可能となっている。

3 「今昔マップ」にみるウェブ地図での情報発信とその社会的有益性

ウェブ地図による情報発信の例として、時系列地形図閲覧サイト「今昔マップ on the web」⁵⁾（以下、今昔マップ）を紹介したい。これは、昔の地形図（旧版地形図）を見ることができるウェブサイトで、埼玉大学教育学部の谷謙二氏によるものである。

国土地理院では、前述のように「地理院地図」にて最新の地形図や空中写真のほか過去の空中写真を公開しているものの、旧版地形図は同サイトで見ることはできないようになっていない。しかし、旧版地形図の謄本（コピー）の交付は行っている。そこで、谷氏は謄本を入手してスキャナーで画像データ化し、緯度・経度の情報を付与したうえで、ウェブ・メルカトルの地図タイルを生成した⁶⁾。これを Leaflet を使って画面に表示させている（当初は Google Maps API を使用、のちに Leaflet に変更）。

図2 は今昔マップの画面である。画面は2つに分かれており、左側に旧版地形図、右側に同じ場所の最新の地形図が表示されており、新旧の対比ができるようになっている。右側に表示されている最新の地形図は地理院タイルによるものである。このように、第三者が配信している地図タイルを組み込むことができるので、画面上での操作により、地形図のほかに地形・地質に関する主題図を表示させることができ、集落立地と自然環境との関連などについて考察することも可能である（図3）。

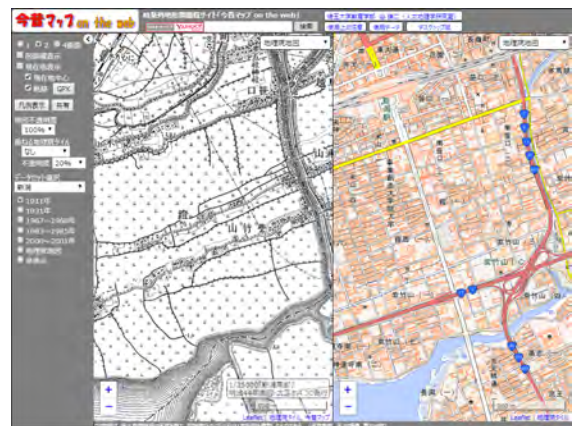


図2 新潟付近の新旧地形図を対比させた画面
時系列地形図閲覧サイト「今昔マップ on the web」
（© 谷 謙二）より

今昔マップは地理の教育・研究において大変有益であるといえる。新旧の地形図の対比から都市化の進展などの土地利用の変遷を把握し、さらに土地条件図などとの対比から自然条件がそれに及ぼした影響について考察するのは、地理教育において重要な

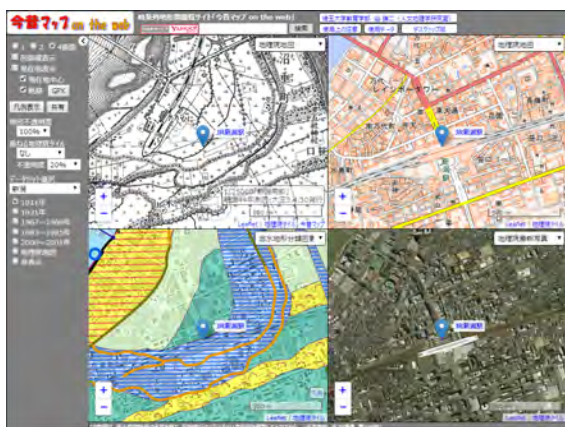


図3 最新の地形図、空中写真、旧版地形図、治水地形分類図の4つを並べて表示した画面
「今昔マップ on the web」(© 谷 謙二) より

視点を含んでいるが、これは単一の地図を見るだけでなく、複数の地図を組み合わせることによって成り立つものである。これを容易に可能にした今昔マップは、地理教育・地理学研究の現場に新しいツールをもたらしたといえる。むろん、今昔マップが有益なのは学校教育の現場だけではない。「我が町の昔の姿」は多くの人々にとって関心のある事柄であり、今昔マップは多くの人々に利用されている。

なお、今昔マップの地図タイルは外部から直接アクセスすることが可能となっている（タイル配信サービス）。したがって、今昔マップのサイトで国土地理院による地図画像（地理院タイル）を表示できるのと同様に、今昔マップ配信の地図タイルをGISソフトや他者の地図サイトに組み込んで表示させることができる。後述する筆者作成のウェブ地図教材においても、これを利用している。

4 ウェブ地図を使った地理教材の開発

筆者は高等専門学校で地理を教えており、ウェブ地図を用いて地理教育用のオンライン地図教材を作成し、授業で利用している。民間企業が提供する一般的なウェブ地図（Googleマップ等）では、地形や土地利用などの情報が少なく、地理教育において利用するには内容的に不十分な場合もある。しかし、地理院タイルで配信されるのは、国土地理院が刊行する紙の地形図とほぼ同じ内容の地図画像で、等高線・植生記号などが描かれており、従来の地理教育において地形図の読図の学習として扱ってきた内容にも対応したものとなっている。そこに着目して地理院タイルを用いることで、地形図の読図に関する学習で利用できるウェブ地図教材を作成した⁷⁾。

地理院タイルには地形図の地図画像だけでなく、現在および過去の空中写真、土地条件図、都市圏活断層図なども用意されている。また、前述の今昔マップや国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）の提供する等高線だけの地図の地図タイルもある。教材ではこれらも表示できるようにした。

教材では地形図のように等高線などの情報を含む地図を表示させ、さらに、地図上の任意の地点にマーカー（目印）を配置し、その地点で撮影された景観写真やその地点に関する情報を見ることができるようにした（図4）。地形図の読図に関する学習では、等高線から地形を把握するとともに、建物や植生に関する描示から土地利用の特徴を読み取る活動が基本である。しかし、こうした作業は、いわゆる地図嫌いの生徒には苦手意識を持たれることがしばしばある。そうした読図作業を支援するために、紙地図に代わる、または紙地図と併用する教材として用いられることを想定した。



図4 作成したウェブ地図教材「養老山地東麓の扇状地で見られる景観」の画面

地図上のマーカーをクリックすると、その場所で撮影された景観写真や説明文が表示される。写真はクリックすると拡大表示される。地図画面右上のメニューから表示する地図の種類を選択できる。

デジタル地図の導入により、必要な情報のみを表示させることで読み取り作業をしやすくできるほか、地図と空中写真とを交互に表示させて対比したり、現地の地上写真に見られる景観と地図に描かれた内容とを対比することにより、地表の様子をイメージしやすくできる。さらには、地図上でルートをたどりながらマーカーを次々とクリックして現地の写真を表示させていくことで、あたかも現地を観察しながら歩いているかのような、いわば「バーチャル巡検」を可能にすることを目指した。

ウェブ地図教材は、一般のウェブサイトと同様に、インターネットを通じてどこからでもアクセスすることができる。すなわち、一般的なパソコンとブラウザさえあれば、全国の学校や生徒の自宅から利用できるという長所がある。

作成した教材は地形についての学習単元に対応したものである。教科書のこの単元では、河岸段丘や扇状地など日本で見られる小地形の例が地形図で提示されている。そこで、全国の学校で教科書に対応した教材として利用されることを目指し、教科書・地図帳に掲載される定番の事例地を取り上げた。

具体的には、河岸段丘の例として片品川（群馬県沼田市）、小規模扇状地の例として小倉谷（岐阜県養老町）、氾濫原の地形（自然堤防、後背湿地、三日月湖）の例として阿賀野川沿いの十二湯付近（新潟市）、海岸平野の地形（浜堤、砂丘、低湿地）の例として浮島ヶ原（静岡県沼津市・富士市）の計4カ所を取り上げ、教材化した。

5 ウェブ地図で学ぶ平野の地形 — 浮島ヶ原の事例

作成した教材の具体例として、静岡県の富士市から沼津市にかけて広がる海岸平野における自然環境と自然災害を学習する教材を紹介したい⁸⁾。富士川河口から狩野川河口にかけての海岸沿いには砂州（浜堤）地形が発達している。砂州の上には砂丘がのり、標高10m程度の高まりになっている。一方、その背後には浮島ヶ原とよばれる低湿地が広がっている。砂州の部分には旧東海道の道路およびJR東海道線が通っており、それに沿って古くからの集落があるのに対して、低湿地帯には水田が広がるほか、工業団地や新興住宅地が存在するという対照的な地形・土地利用となっている。また、静岡県作成の洪水浸水想定区域図によれば、砂州の部分は浸水の恐れは小さく、低湿地の部分では浸水が想定されている。

自然環境と人間の暮らしとの対応を考える地理学習における格好の事例地といえるが、中学生・高校生（筆者が教える高等専門学校の学生も含む）といった学習者にとっては、もともと現地に詳しい人を除いて、すぐに理解できるとは限らない。これについての学習活動は、従来、地形図を素材にして等高線から地形断面図を描いたり、地図記号から土地利用による色塗りをするなどの作業が取り入れられていた。しかし、地形図から現地の実際の景観をイメージしづらい生徒も少なからずいるのではないだろうか。とくに、海岸沿いの場所よりも内陸のほうが標

高が低いことは、そのような事例を知らない人には意外に感じられるのではないだろうか。また、地図に示された土地利用景観を具体的にイメージできない生徒もいるのではないだろうか。これらが結果的に、リアリティーの感じられない、つまり、地形図と実際の地表景観とを結び付けにくい読図作業へと陥らせていると筆者は考えた。

そこで本教材では、現地の景観写真を用意し、これらを地図画面上から呼び出せるようにした（図5）。具体的には、砂州の部分で道路（旧東海道）に沿って住宅が立ち並んでいる景観、寺院や常夜灯など歴史を感じられる建築物、低湿地の部分に広がる水田地帯やかつての景観を残している自然公園などの写真を掲載した。また、電柱などに取り付けられている標高の表示板や津波避難ビルの写真、土地の高低差に伴う坂道の写真も掲載して、場所による標高の違いを意識させるようにした。



図5 教材「浮島ヶ原の景観」の画面
ラグーンの名残の湿原が今も存在し、自然公園として保全されていることが分かる。

画面に表示される地図は、現在や過去の地形図、空中写真、段彩陰影図、土地条件図を切り替えて表示し、それらを見比べることができるようにした（図6）。例えば、砂州の背後にある低地の一部（現在、農地のほか工業団地となっている）は、土地条件図（地理院タイルによる）を見ると「盛土地・埋立地」として表示されており、明治後期の地形図（今昔マップによる）を見るとその部分が「須津沼」と呼ばれる水域（ラグーン）であったことが読み取れる。

さらに、静岡県がPDF形式で公開している洪水浸水想定区域図の画像も（緯度・経度の情報を与えてやることで）地図画面上に重ね合わせて表示できるようにした。これらにより、この地域の地形と土地利用の関係、予想される自然災害、それらに対応した人々の暮らしの歴史を学ぶことができる。



図6 教材「浮島ヶ原の景観」における地図表示の切り替え
 (上) 現在の地形図(地理院タイル)
 (中) 明治後期の地形図(今昔マップ on the web)
 (下) 土地条件図(地理院タイル)

6 オンライン地図教材を用いた教育実践とその成果

筆者は、このウェブ地図教材を勤務校で自習用の教材として用いている。パソコンを使った演習を学校での正規の授業時間内に導入するのは、時間や教室設備の都合もあって簡単には実現できない場合もあるが、オンライン教材の場合には、家庭学習などの形で授業時間外の学習活動として取り入れることも可能である。本教材は比較的簡単に操作できることから、学生に利用させる際に教員が操作方法を逐一説明する必要はない点も、自習用の教材としての利用に適している。

授業で地形に関する学習として、平野の特徴的な地形(扇状地、河岸段丘など)について一般的な説明と事例地に関する簡単な解説をした上で、本教材を復習用の教材として紹介した。そして、各自でパソコン等を使って学ぶとともに、教材として用意された4つの事例地のうちいずれか1カ所について「バーチャル巡検」の成果をレポートとして提出することを課題とした。レポートは、本教材を利用して「現地へ行ったことを想定した」「あたかも実際に自分で見てきたかのような架空の報告レポート」を書くように指示した。これは、地形図の読図能力というのは地図に記載された情報から現地の景観をイメージできることにありと筆者が考えるからである。

2013年に実施した学生へのアンケート調査からは、授業で学んだことの振り返りなど自習用の教材として機能したことがうかがえたほか、地形図の表現と実際の景観との対応を意識しながら本教材を使用した学生が多く、地形図の読図についての技能を習得する上で本教材が有効に使われたのではないかと考えることができる⁹⁾。

7 まとめ

筆者が作成した地理教育用の地図教材は、地理院タイルなどの第三者が配信する地図タイルを利用して、オリジナルの情報(景観写真など)と組み合わせることによって構築したものである。こうしたことが可能な背景をまとめると、一つ目には地図タイルというデータ形式の標準化が図られたことが挙げられる。二つ目には地図タイルが二次的な利用を行いやすい利用規約のもとで公開(配信)されていたり、システム構築を助けるプログラムがオープンソースで公開されていたりすることなど、著作権の面でも条件が整ってきたことが挙げられる。これらによってインターネット上での地図データの流通が促進され、それらをうまく組み合わせることで、新

たな情報発信がなされたり、利用者が新しい情報を得たりすることが進んでいくものといえる。

こうした情報発信、情報取得の仕組みは、教育・啓蒙の分野では有益である。例として、防災についていえば、近年「ハザードマップ」という言葉が以前より社会に浸透してきているが、市民がハザードマップ（洪水、津波、火山など各種ある）に容易にアクセスできる環境整備を行う上で、複数の地図タイルを1つの画面で閲覧できる仕組みは有用であると考えられる。また、いわゆる「想定外」への対応も考えると、単にハザードマップに示された災害の想定を読み取るだけでなく、そのような想定となった背景への理解も必要となる。地形・地質など自然地理的な情報や人口分布など人文地理的な情報も組み合わせることで、どのような災害が予想されるかについての理解が深まっていく。こうした地理的情報（地図化できる情報）の社会における蓄積は決して少ないものではない。ITの進化とともにこれらの情報の流通が進み、社会の発展に寄与していくことが期待される。

〈参考文献〉

- 1) 国土地理院：地理院地図
<https://maps.gsi.go.jp/>（2019年3月1日現在）
- 2) 佐藤崇徳：「メルカトル図法とは—Googleマップや地理院地図が採用している理由—」, 『地図情報』, Vol.37, No.4, pp.14-17, 2018.2
- 3) 北村京子・小島脩平・打上真一・神田洋史・藤村英範：「地理院地図の公開」, 『国土地理院時報』, No.125, pp.53-57, 2014.12
- 4) 産総研地質調査総合センター：地質情報配信サービス
<https://gbank.gsj.jp/owscontents/>（2019年3月1日現在）
- 5) 谷 謙二：時系列地形図閲覧サイト「今昔マップ on the web」
<http://ktgis.net/kjmapw/>（2019年3月1日現在）
- 6) 谷 謙二：「『今昔マップ旧版地形図タイル画像配信・閲覧サービス』の開発」, 『GIS—理論と応用』, Vol.25, No.1, pp.1-10, 2017.6
- 7) 佐藤崇徳：「ウェブ地図APIを用いた地図教材ウェブサイトの開発」, 『地図』, Vol.53, No.1, pp.17-26, 2015.3
- 8) 佐藤崇徳：「デジタル地図で考える防災」, 『新地理』, Vol.65, No.2, pp.77-79, 2017.8
- 9) 前掲7)

やさしい
知識一般財団法人
国土情報センターいわさき きみとし
岩崎 公俊*

Key Word 国土情報センター， 国土情報データベース， ボーリング柱状図

1. はじめに

一般財団法人国土情報センター（以下、当センター）は、平成30年4月に地盤情報の一括管理運営を行うため全地連により設立された。このセンターは、官民が持つ地盤情報の収集・利活用を目的とする「国土情報データベース」の運営主体として国土交通省から認可され、同年8月から地盤情報の登録を開始し、9月から発注者等への公開を開始している。

本稿では、当センターの設立の背景と、国土情報データベースの概要、ならびに今後の課題に関する考え方を紹介する。

2. 国土情報センター設立の背景

2.1 地盤に起因した施工トラブルの多発

2016年の福岡市営地下鉄工事における道路陥没事故（写真-1）は、地盤に関連した衝撃的な事故として記憶に新しい。この事故の主因の一つが風化岩層の性状の変化がリスクとして顕在化したことにあり、地質・地盤の捉え方が問題となった。事故後、国土交通省が社会資本整備審議会・交通政策審議会の下に設置した「地下空間の利活用に関する安全技術の確立に関する小委員会」（委員長：大西有三）は、国が官民の所有する地盤情報等の収集・共有、品質確保、オープン化を行うべきことを答申した¹⁾。

国土情報データベースはこのことを受けて整備されたものであり、これを活用し地盤の状況をより的確に把握することで、地盤に起因した施工トラブルを回避／軽減することが期待される。

2.2 全国統一の地盤情報の必要性

国内の地盤情報データベースは、これまで多くの機関で大変な労力をかけて構築されてきた。ところが、順調に運営されている一部のシステムを除けば、データ収集の労力、財政面や人的パワーの制約などがその継続運営に大きな足かせとなっていると推察される。

また、建設事業の整備や維持管理に直接活用するうえで、統一フォーマットに基づく情報が有用であり、国土交通省の電子納品要領²⁾で作成される地盤情報を活用することが最も合理的であると考えられる。しかしながら、国土交通省のデータのみの場合、道路・河川等に関わるいわゆる線状に位置するデータが多く、データを面的にカバーできていないのが現状である。そのため、面的な広がりのある地方自治体などによるデータも対象にすることにより利用価値が高まる。



写真-1 福岡市地下鉄七隈線延伸工事現場における道路陥没事故の状況¹⁾

*一般財団法人国土情報センター 理事長

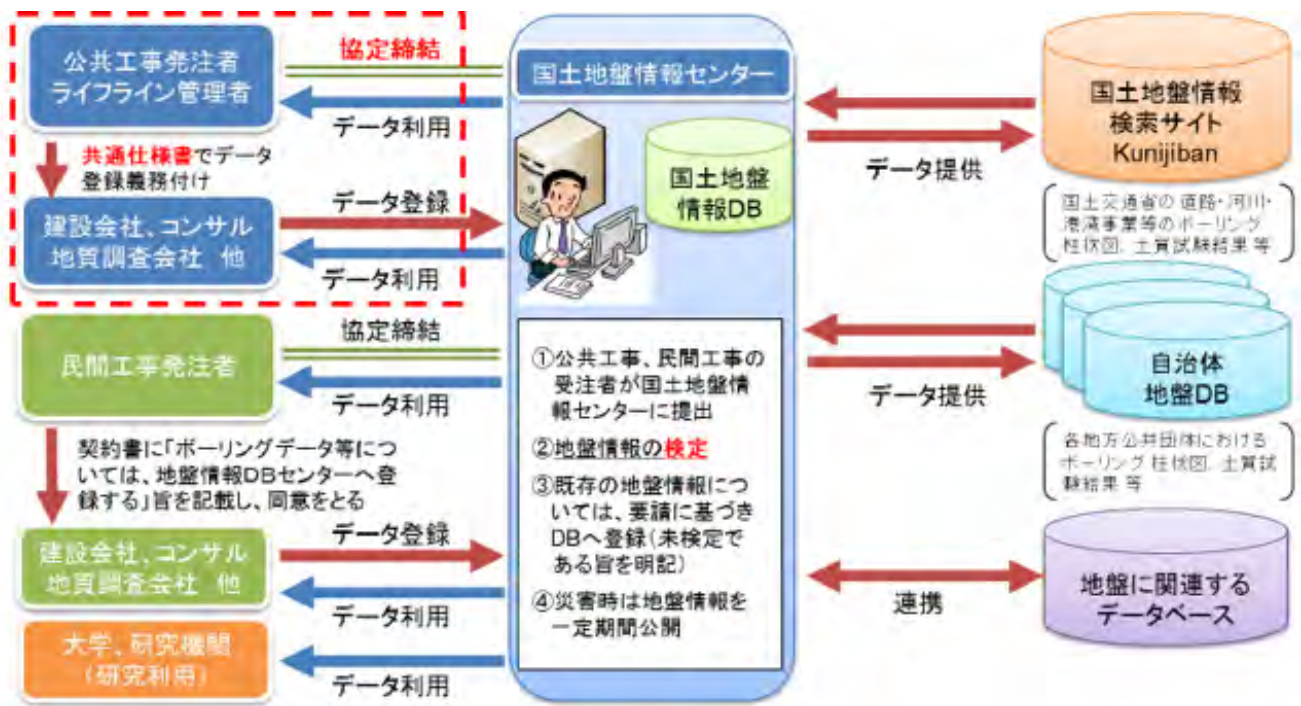


図-1 国土地盤情報データベースの運用形態³⁾

2.3 CIM および国土強靱化の進展

国土交通省は、調査・設計段階から3次元モデルを導入し、施工・維持管理までの一連の業務における生産性や品質向上を目指すためCIMを進めている。このとき、地盤の3次元モデルはデータ量が多ければ多いほどモデルの精度が高くなる。そのため、適正な数量のボーリング調査を行うことはもちろんのこと、既存データをできるだけ多く活用することでより精度の高い地盤モデルを構築することが極めて有効である。

一方、最近では地震や豪雨により深刻な災害が頻発している。これらの災害の大半が地質・地盤に深く係っていることは自明である。国土強靱化のために地盤災害の予測や対策を検討するうえで、地盤情報が必要であることは言うまでもない。そこで地質調査を入念に行うことが望ましいが、既存の地盤情報データベースを積極的に活用し的確な調査計画を策定することも極めて重要である。

3. 国土地盤情報データベースの概要

3.1 運用形態

国土交通省は、平成30年3月に地質調査業務や工事の際に実施されるボーリングや土質試験結果を指定機関に登録することを共通仕様書²⁾で義務づけ

た。その指定機関として認定されたのが当センターで、当センターが開発したデータベースが国土地盤情報データベースである。

国土地盤情報データベースは、図-1のような運用形態を目指している。データベース運用に際しては、国土交通省のデータに加え地方自治体や民間事業者などのデータ提供を受けて発注者と連携し統一的に情報管理を行うことで、国土の整備・維持管理に欠かせない貴重な情報を提供する国家的なデータベースを目指している。

3.2 データの登録・検定・活用

このデータベースに登録されるデータは、基本的にボーリング柱状図と土質試験結果一覧表データである。これらの地盤情報がデータベースに登録されるまでの流れは図-2に示す通りである。なお、地質調査業者は業務において発注者の了解のもとに利用するというのが基本的立場である。

発注者から指示を受けた受注者は、地質調査で得られた情報を前述した電子納品要領⁴⁾に基づき整理する。そして、当センターに検定対象の地盤情報を送付し検定が行われる。ただし、検定の際には検定料が発生する。この検定料には2種類あり、一つ目のA検定は資格者が担当する場合で、2,160円(税込み)となる。もう一つのB検定は資格者が担当し

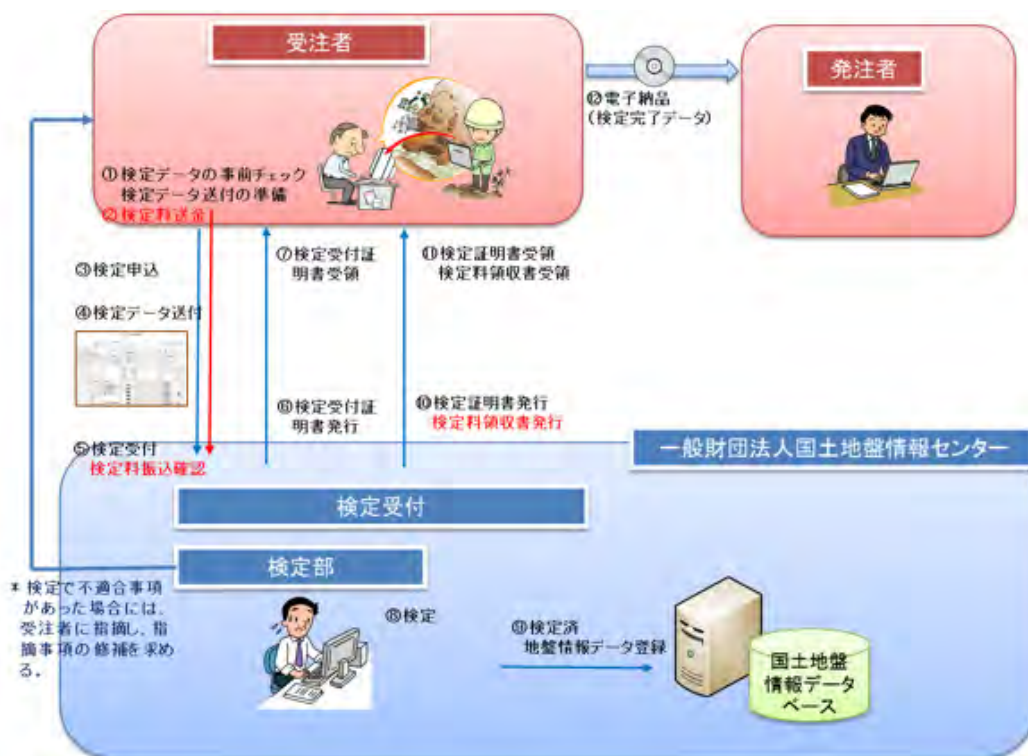


図-2 地盤情報の検定、登録の流れ⁵⁾

ない場合で、3,240円(同)となる。この資格者とは、地質調査技士、技術士などが該当する。検定が完了し必要に応じて修正されたデータは順次データベースに登録される。そして、国土交通省の発注データについては国土地盤情報検索サイト kunijiban と共有されることになる。

データの検索・閲覧は、当センターのホームページの地盤情報公開サイトからID・パスワードの提供を受けた機関が行うことができる。図-3に国土地盤情報データベースの表示例を示す。

また、発注機関から既存データの提供を受けた場合には、それらを「未検定データ」として区別している。丸印の検定済データはまだ少ないが、今後着実に増加する予定である。

4. 今後の利活用と課題

4.1 民間データの活用と品質確保

国土地盤情報データベースは、前述したように官民の地盤情報を対象とすることを想定している。このうち、民間データとひと口で言っても多種多様なものがあるため、実際の活用にあたっては品質問題を始めとして課題は多い。そこで、当センターではその検討委員会を開催し、課題の抽出や対策の検討を行っている。

4.2 3次元地盤モデルと地質リスク

前述したCIMにおいて3次元モデルの構築が実務で始まりつつある。地盤に対しても3次元表示の需要は高く、例えば図-4のような表示を行うことで、設計用の地盤モデルの基礎情報を提供するだけでなく、3次元表示によって地質リスクが浮き彫りになる効果も期待できる。そこで、当センターとして多くの関係者が比較的簡易に3D表示を経験できるような簡易な3次元表示アプリを開発・公開していく予定である。

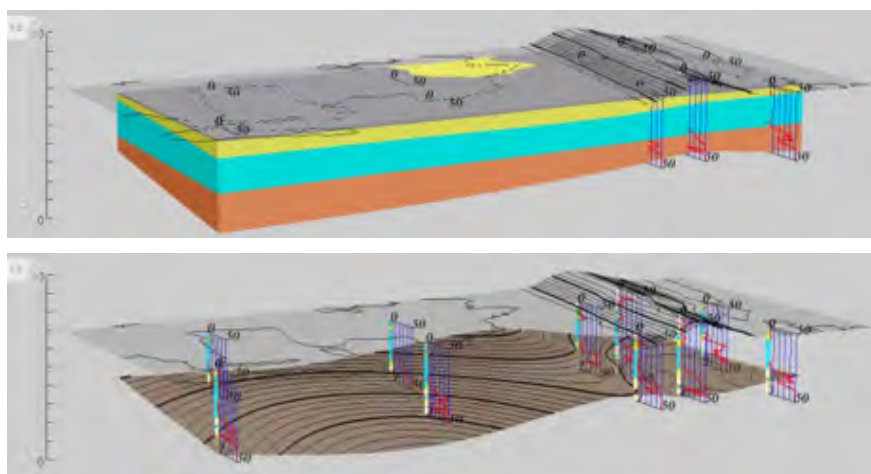
なお、3次元地盤モデルを作成する際に、ボーリング間の地層構成の推定において地質リスクの要素が含まれ堆積環境等に関する高度な専門知識や情報処理技術が必要となる。そのため、地質情報管理士等の関与が望まれる。

4.3 防災・維持管理への活用

一方、土砂災害を中心とした各種ハザードマップが自治体ごとに作成が進められている。このハザードマップの精度は地盤情報の質・量に依存するため情報量の増えた段階でハザードマップの見直しを行う必要がある。このとき、当センターの活用が期待できる。



図-3 国土地盤情報データベースの画面表示例



(a) 地層のソリッドモデル
(地層を立体で表現したもの)

(b) 支持層のサーフェスマodel
(地層上面を面で表現したもの)

図-4 地盤の3次元モデルの一例⁶⁾

4.4 インフラデータプラットフォームとの連携

多くの分野にまたがる社会資本の情報を一元的に管理する社会資本情報プラットフォームの試行版が公開された⁷⁾。地盤情報も社会資本を管理するうえで欠かせないため、そのプラットフォームとの情報連携を検討する必要があると考えられる。

5. おわりに

国土地盤情報データベースを建設事業に広く活用できるようにするためには、各種ツールが整備されることが重要であるが、何といたってもデータ量が十分になればユーザにとって魅力的なものにはならない。そのためには、全国の地方公共団体やライフライン系をはじめとする民間事業者のご理解・ご協力を得ながら順次データを拡充していく予定である。

〈参考文献〉

- 1) 国土交通省：社会資本整備審議会・交通政策審議会 技術分科会 技術部会 地下空間の利活用に関する安全技術の確立に関する小委員会 資料，2017.9.
- 2) 国土交通省：地質・土質調査業務共通仕様書（案），2018.
- 3) 国土交通省：「発注者責任を果たすための今後の建設生産・管理システムのあり方に関する懇談会」業務・マネジメント部会 資料，2018.11.
- 4) 国土交通省：地質・土質調査成果電子納品要領，2008 及び 2016.
- 5) 国土地盤情報センターウェブサイト
https://ngic.or.jp/MainDocuments/exami_flow.html,
(2019年2月現在) .
- 6) 3次元地質解析技術コンソーシアム：OCTAS Drafter 操作ガイド，2018.
- 7) 国土交通省：社会資本情報プラットフォーム，<https://www.ipf.mlit.go.jp/ipf/>，(2019年2月現在) .

いわさき きみとし*
岩崎 公俊*

Key Word 地質リスク, 地質リスクマネジメント, 地質技術顧問, GBR, GRE

1. はじめに

前編では地質リスクマネジメントの概要と意義に加え、国からの発注が始まった地質リスク調査検討業務の内容について紹介した。今回は、地質リスクマネジメントの新たな展開として、今後の発展が期待できる地質技術顧問ならびにGBR（ジオテクニカル・ベースライン・レポート）について紹介するとともに、地質リスクに関連した今後の課題について述べたい。

2. 地質技術顧問による地質リスクマネジメント 2.1 地質技術顧問の位置づけと役割

発注者と受注者の役割分担は、図-1に示すように、上流側に行くほど発注者の役割が大きい。早い段階では事業を取り巻く不確実性が高いため、設計・施工の基本条件とそれに基づく予定価格の決定を行うにあたり優秀な技術者の関与が重要となる。しかしながら、不確実性の大きな要素である地質・地盤に精通した技術者が発注者側に少ないことが大きな問題である。

このような状況にある発注者においては、地質リスク調査検討業務を発注する代わりに地質・地盤技術者を地質技術顧問として契約する方法もある（図-2）。特に地方自治体の多くは地質・地盤に精通した技術者を有していないと考えられるため、常時相談できる存在としてこのような専門家の存在は地質リスクを回避・低減・予防するという観点から極めて重要な存在となり、事業費全体の低減に貢献できると考えられる。

地質技術顧問は、事業の上流側のみならず、全段階において活用することが可能である。全建設

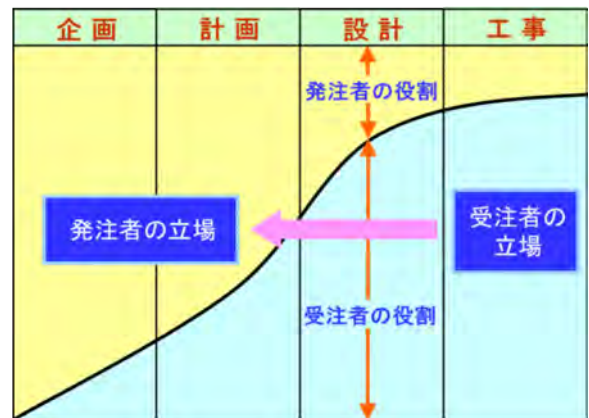


図-1 民間技術者の発注者側での活用¹⁾

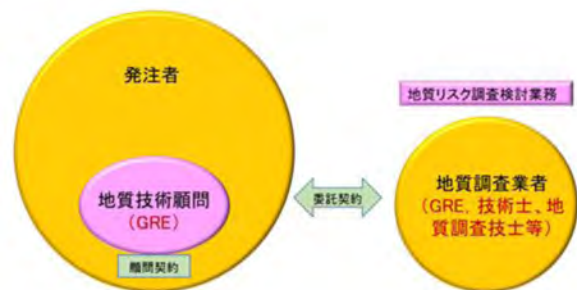


図-2 地質技術顧問の位置づけ

段階における地質技術顧問の役割は図-3のようなものとなる。中でも、リスク管理表は早い段階から作成し、その後適宜見直しを行い事業の最適化に役立てるべきである。また、リスク管理表の対象項目は、地質・地盤のみならずそれに関連した各種のリスク情報も取り扱うことが望ましい。

一方、地質技術顧問のような存在は、英国を中心に普及しているジオリスクマネジメント²⁾にお

* 一般社団法人 全国地質調査業協会連合会 技術委員長

ける地質・地盤技術者と類似したものとも言える。国内においても、発注者側に立つという意味では自治体のみならず、国土交通省が進めている事業促進 PPP（官民連携による川上段階からの事業マネジメント）や民間大型事業などにおいても地質技術顧問が活躍できる可能性があるものと考えられる。

2.2 地質リスク・エンジニア (GRE)

地質技術顧問は、地質・地盤に関する高度な専門知識を有すると同時に地質リスクマネジメントにも精通している専門家である必要がある。これに適した技術者として地質リスク・エンジニア (Geo Risk Engineer、GRE) が最適である。GRE は地質リスク学会と NPO 地質情報整備活用機構が運営する認定制度³⁾で、養成講座を履行したうえで小論文を提出して合格した技術者が認定される。

GRE の発注機関における位置づけや地質リスク調査検討業務との関係は図-2 に示した通りである。



図-3 地質技術顧問の仕事（文献¹⁾に加筆修正）

3. GBR

3.1 GBR の概要

GBR とは Geotechnical Baseline Report の略で、欧米主要国の工事契約文書の一つであり、地質調査結果を取りまとめ地盤条件などを具体的に示した報告書である。地下工事が主な対象であり地質・地盤に関するリスクが主な課題となるため、地質リスクマネジメントの一環であると考えてよい。

GBR を作成するためのガイドラインが ASCE の技術委員会により出版されており⁴⁾、この考え方は先進諸国で既に一般化しつつある。国内においては、地質リスク学会・全地連がそのガイドラインの邦訳を出版している⁵⁾。

GBR においては、示された条件を越えた状況が出現すれば予見し難き事象として発注者が設計変更を認める基準として用いられるため、その条件に対してベースラインという表現が使われている。このベースラインの設定によっては発注者と受注者のリスク分担が異なってくる。表-1 はそのイメージを示したものである。

言い換えれば、GBR は発注者と受注者が共有するリスク分担の基準を示すものとも言える。そのため、GBR はリスク分担が重要となる設計・施工一括発注方式 (DB: デザインビルド) や PFI (民間資本を活用した公共サービスの手法) などの入札契約において有効となる手法であるといえる。今後、DB 方式などが適用される国内事業や ODA

表-1 GBR におけるベースラインの設定とリスク⁶⁾

発注者によるベースラインの設定	応札者による入札額の検討	施工時の実際と設定値との関係におけるリスク負担
厳しく設定	対策費用を高く見込むため入札額が高くなる	設定より実際が緩い場合、安く済むので受注者有利
緩く設定	対策費用を少なく見込むため入札額が低くなる	実際が設定値を超えない場合、変更の必要がないため発注者有利 実際が設定値を超える場合、発注者が変更増額費用を支払うため受注者有利

による海外プロジェクトにおいて役立つであろう。

なお海外においては、GBR は発注者側が地盤コンサルタントに委託して作成するだけでない。工事の入札に参加する施工会社が、独自で地盤コンサルタントに依頼して GBR を作成し発注者に提案・交渉することにより有利な条件で応札することもよく行われている⁶⁾。

3.2 GBR の記載内容

GBR で記載される内容は、地質・地盤条件だけでなく、それに基づく設計・施工に対する考察な

表-2 GBRの項目と内容の例（文献⁶⁾に加筆修正）

項目	内容
序	工事名、発注者、設計者、報告書の目的・構成、GBRの優先度、制限・範囲
プロジェクト概要	目的、主要な特徴
地質および地盤に関する情報源	地盤調査報告書 各種報告書
地質的背景	地質・地下水の概要
既往の施工事例	掘削方法、変状、地下水、工事中の問題、周辺環境
地盤特性	物理・力学特性
設計の考察—トンネルおよび立坑	地盤分類、地盤改良、方法等
設計の考察—その他の掘削および基礎	土留の採用基準、工法等
施工の考察—トンネルおよび立坑	地盤挙動、施工手順等
施工の考察—その他の掘削および基礎	工法・地盤に応じた地盤挙動等

ども要求される。表-2は上記ガイドラインで示されたGBRに必要な項目の例である。地質・地盤のみならず、それらを踏まえた設計・施工への踏み込んだ記述が要求される。

GBRは施工時の設計変更のバイブル的なものとなるため、その作成にあたっては非常に高いレベルの地盤工学技術と施工に精通した経験が要求される。

4. 今後の課題

4.1 CIMと地質リスク

国土交通省は、調査・設計段階から3次元モデルを導入し、施工・維持管理までの一連の業務における生産性や品質向上を目指すCIM（Construction Information Modeling）を進めている。この中で地盤の3次元モデルを作成することは、地形データや土木構造物の3次元データと比べて、調査地点間の推定が必要となる点で状況が全く異なり、地質リスクが含まれる可能性がある。特に、複雑な地質条件においてボーリングデータが少ない場合、地盤の3次元モデルは極めて多くの不確実性を含むことになる。このような状況でも数学的な空間推定技法を用いれば3次元の地層境界を推定することができてしまい、一度描かれたモデルがその精度に関わらず一人歩きしてしまう恐れがある。

そのため、3次元地盤モデルを作成する際に地質・地盤技術者が関わり、そのモデルに含まれる地質リスクについて何らかの方法で明示することが必

要である。この明示方法について今後検討する必要があると考えられる。また、モデル化にあたっては、品質確保策として資格要件、例えば地質情報管理士の関与を義務づけることなども検討することが望ましい。

4.2 維持管理における地質リスクマネジメントの確立

上記のCIMが調査・設計から施工、さらには維持管理まで一貫通に3次元データを管理し効率化を図ることを目指しているように、地質リスクマネジメントも施工完了をもって終了というわけではない。各種土木施設等を維持管理するうえで、地質リスクを洗い出しておくことにより今後の維持管理に極めて有効な情報が得られる。

道路土工構造物や河川堤防など各種点検が行われているが、特に自治体管理区間においては膨大な量のストックに対して一律な点検を継続して実施することは膨大なコストがネックとなる。そのため、地質リスクの観点でスクリーニングを行うことは、その結果に基づく管理重点区間を絞り込みなど維持管理コストの削減に大きな効果があると考えられる。

このように考えると、地質リスクの検討結果であるリスク管理表をデータベース化すれば維持管理において有効な情報源となる。このデータベースはまた、対象構造物のみならず周辺地区の国土管理に広く役立つと考えられる。

リスク管理表データベースをどのように運営・管理するかは今後検討すべきであるが、例えば、現在稼動している国土地盤情報データベースの付加情報として地図上で管理することも一つの方法である。

4.3 地質リスクマネジメントの投資効果

地質リスク学会は、地質リスクマネジメント事例研究発表会を2010年から毎年開催し事例の収集に努めている。この事例研究においては、事例の紹介のみならず、マネジメントによりどれだけのコスト縮減が可能となったかの試算も行っている。この活動は、マネジメントによる効果計測であり、投資効果を確認する意義がある。

事例を収集し効果の計量化を行うにあたり、表-3のような類型化が行われている⁵⁾。表中のA型は、リスクを管理することで当初工事費の削減が達成できた事例である。B型は地質リスクが発現してしまった事例であるが、マネジメントを行っていればリスクが発現しなかったという前提で想定され

表-3 マネジメント効果の計量化の種類

区分	事例内容	効果計測の考え方
A	地質リスクを回避した事例	効果＝当初工事費用 －変更後工事費用 －リスク対応費用
B	地質リスクが発現した事例	効果＝当初工事費用 ＋追加費用 －リスク対応費用
C	発現した地質リスクを最小限に回避した事例	効果＝回避しなかった場合の工事費用 －当初工事費用 －追加工事費用 －リスク対応費用
D	上記以外の事例	

〈参考文献〉

- 1) 地質リスク学会・特定非営利法人地質情報整備活用機構、地質リスク・エンジニア（GRE）養成講座講義テキスト集、2015.
- 2) C.R.I. Clayton . 英国土木学会編、一般社団法人全国地質調査業協会連合会訳：ジオリスクマネジメント 地質リスクマネジメントによる建設工事の生産性向上とコスト縮減、古今書院、2016.
- 3) 地質リスク学会：地質リスク・エンジニア（GRE）認定制度、http://www.georisk.jp/gre/gre_oubo.pdf（2019年2月現在）.
- 4) The Technical Committee on Geotechnical Reports of the Underground Technology Research Council : Geotechnical Baseline Reports for Construction, Suggested Guidelines, ASCE, 2007.
- 5) 地質リスク学会・社団法人全国地質調査業協会連合会共編：地質リスクマネジメント入門、オーム社、2010.
- 6) 岩崎公俊・折原敬二：Geotechnical Baseline Report（GBR）について、地盤工学会誌、Vol.57、No.5、pp.32～33、2009.

る対応を行った場合に推定される効果を計算したものである。また、C型は地質リスクが発現した、あるいは発現しそうなので何らかの対応によりリスクを最小限に抑えた事例である。

これらの効果計測は事後検証であるが、地質リスクマネジメントが建設事業において極めて有効であることを示す貴重な情報である。今後はさらに事例を積み重ねると同時に、これらの分析を踏まえた発注者へのPR資料を作成すべきである。

5. おわりに

地質リスクマネジメントに関する現状や今後の動向と課題について2編にわたって述べた。これらの活動は、建設生産システムや国土管理におけるコスト縮減に貢献すると同時に、予防保全により工期遅延を防止するなど生産性向上にも大きく寄与できると考えられる。この動向はまだ始まったばかりであり、種々の改善を加えながら発展させる必要がある。

そして、地質リスクマネジメントを通じて、地質調査業の新たな価値創出と地質・地盤技術者の社会的地位向上を願ってやまない。

最後に、地質リスクマネジメントに関する多くの成果は、全地連地質リスクWGならびに地質リスク学会の関係者のご努力によるものである。記して感謝の意を表する次第である。

[補遺]

前編で提示した表-2（地質と調査、2018年第2号、p.62）に下記の誤りがありました。記してお詫び申し上げます。

表-2 リスクスコアの一例（文献1）

		可能性	
		非常に低い (1)	低い (2)
リスク	非常に低い (1)	事業の継続に影響を与えない C	C
	低い (2)	軽微な修復で事業継続可能となる影響 C	B

C

軟質な泥岩地盤における杭の载荷試験

すながわ たかゆき*
砂川 尚之*

Key Word

島尻層群, 泥岩, 新里層, 場所打ち杭, 杭の鉛直载荷試験

1. はじめに

私が経験した業務のなかで、島尻層群新里泥岩と呼ばれる地盤において道路橋を建設するための杭载荷試験を行った事例を紹介する。

道路橋は、標高 130m 程の段丘面上において県道を跨ぐかたちで計画されていた。

新里泥岩は沖縄本島南部の一部の地域に分布する第三紀末期の堆積岩で、固結はあまり進んでおらず、未風化であっても N 値は 30 を超える程度で、かなり軟質な泥質岩であった。

これまで、新里泥岩分布地域での開発が少なかったこともあり、その支持力特性は不明確であった。そのため、設計においては、支持力を正確に求めることが課題であった。

2. 地質概要

(1) 地質区分と特徴

地質断面図は図 1 に示すようであり、N 値は一部で高い値を示すものの、全体的に 30 未満であった。ボーリング調査は最大 50m まで実施したが、N 値 30 以上が連続する層は確認できなかった。

そのため、支持層は深さ 19 ~ 21m 以深の N 値 20 を超える層とする計画であった。

(2) 地盤特性

杭の载荷試験を実施した箇所の N 値および力学特性等を次頁の表 1 に示す。非排水せん断強度は、 $S_u=343 \sim 640 \text{ kN/m}^2$ と深さ方向に強度が大きくなる傾向が認められた。また、N 値も深度方向に漸増しており、両者の相関性が認められた。

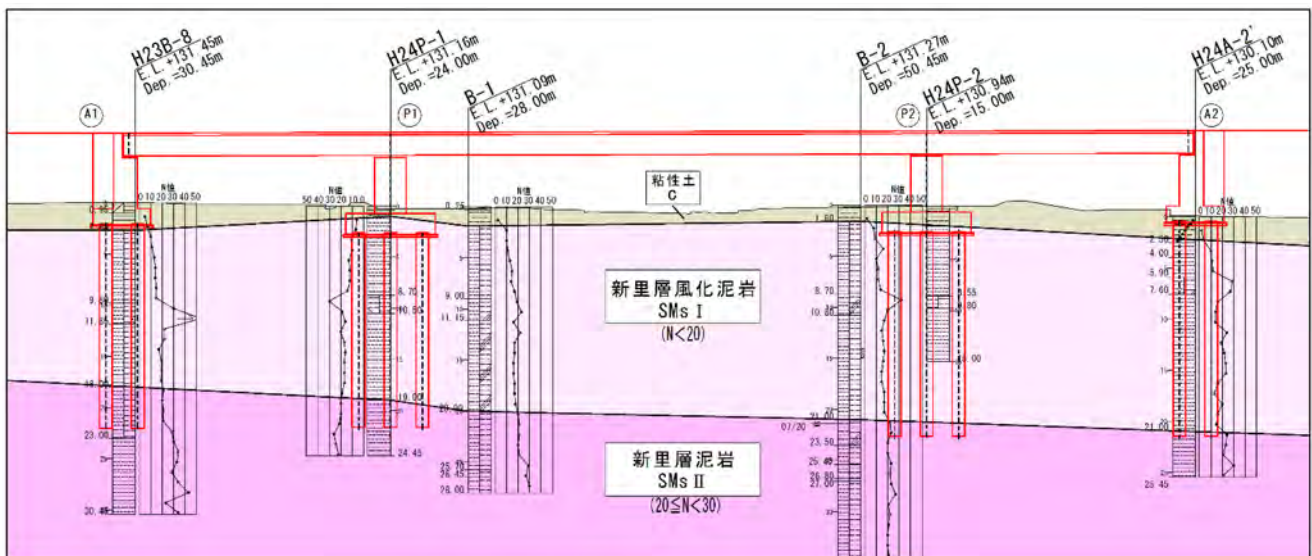


図 1 地質断面図

*株式会社日興建設コンサルタント 取締役調査部長

私の経験した現場

湿潤密度は $\rho_t = 1.98 \sim 2.00 \text{ kN/m}^3$ の範囲にあり、含水比は $w = 27.5 \sim 29.2\%$ であった。

物理特性に対する深度との関係、N 値との関係、および非排水せん断強度 S_u との関係には、明確な相関性は認められなかった。

表1 N 値・力学特性値

深度 (m)	N 値	非排水せん断強度 S_u (kN/m ²)	湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	含水比 w (%)
4~5	10	343	2.005	28.1
6~7	12	360	1.987	29.2
11~12	16	369	1.983	28.8
16~17	17	385	1.992	27.6
19~20	20	557	1.984	28.4
20~21	20	640	1.986	27.5

3. 载荷試験概要

(1) 試験杭の諸元

試験杭の諸元は表2に示すようであり、試験杭と地質の関係を図2に示す。

試験杭の長さは18.0m、杭先端はN値20以上を示す深さ19.0m以深の層に2.0m根入れした。

杭頭は、貫入に伴う地盤との摩擦を無くするためのフリクションカットを施した。具体的には、フーチング下端（設計杭頭深度）まで鋼管を設置し、その外縁にライナープレートを設置した。

杭体の応力を測定するためのひずみ計は、N値の分布状況、地層境界および層厚を考慮して、9断面に設置した。1断面あたりのひずみ計は2方向（4箇所）である。

(2) 試験方法

载荷方法は、10段階・5サイクル方式、载荷時間60分とし、試験方法は、地盤工学会基準「杭の押し込み载荷試験（JGS1811-2002）」に準じた。

载荷試験実施計画にあたっての試験条件は、次のとおりである。

【試験条件】

- ▶ 杭の極限支持力（第2限界抵抗力）を確認する。
- ▶ 試験杭、反力杭とも本設杭を使用する。
- ▶ 試験後の杭の健全性を確保する。
- ▶ 支持力推定式による設計の妥当性を確認する。
 - ・最大周面摩擦力度 $f = 150 \text{ kN/m}^2$
 - ・杭先端の極限支持力度 $q_d = 1,500 \text{ kN/m}^2$

最大周面摩擦力度 f は、沖縄県の橋梁基礎工に関する設計・施工の統一的な取り扱いとして、「島尻層泥岩上の橋梁基礎工設計・施工指針（案）¹⁾」に示されている、室内土質試験からの推定式を適用して求めたものである。

杭先端の極限支持力度 q_d は、道路橋示方書²⁾に示される推定式を適用した。

試験最大荷重は、支持力算定式から求まる極限支持力 $P_{\max} = 11,200 \text{ kN}$ とし、反力杭は8本とした。

- ・最大周面摩擦力度 $f = S_u / 2 \text{ kN/m}^2$ (指針)
- ・杭先端の極限支持力度 $q_d = 3 / q_u \text{ kN/m}^2$ (道示)
ここに、 q_u : 一軸圧縮強度

表2 試験杭の諸元

項目	内容
種類	場所打ちコンクリート杭
施工法	全周回転式オールケーシング工法
仕様	杭長 18.0 m 杭径 1.20 m 断面積 1.131 m ²
養生期間	34日(施工日から試験日までの放置期間)

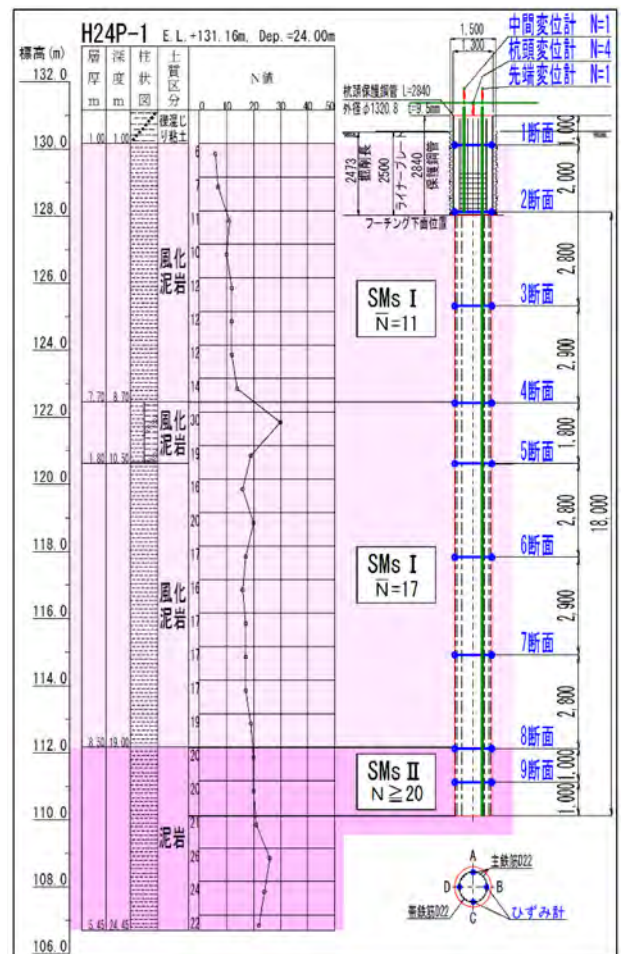


図2 地質断面図

本試験終了後、杭と地盤の健全性を確認するために確認試験を実施した。試験荷重 PN は、設計荷重の 1.2 倍となる 3,240kN とした。

4. 載荷試験結果

試験の結果、計画最大荷重まで荷重を保持できず、第 4 サイクル・7 段階荷重の 7,840kN/m² で試験を終了した。試験結果総合図を図 3 に示す。

第 3 サイクル・6 段階荷重 6,720kN/m² を載荷後、変位量が徐々に増加する傾向が認められた。

第 4 サイクルの新規荷重を載荷した時点で、杭頭変位量が P₀=111.18mm、先端変位量が S_p=110.47mm となり、次の荷重段階で、変位量が管理基準値 120mm (杭径の 10%) を超えることが想定されたため、試験を終了した。

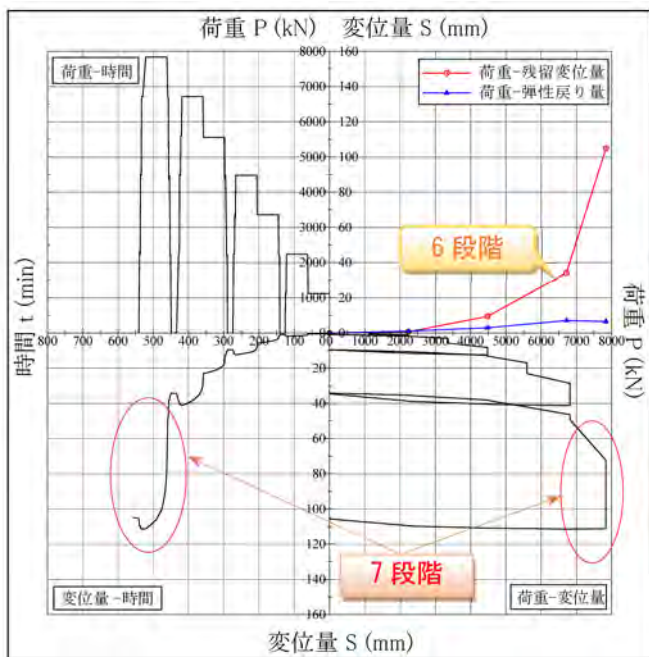


図 3 試験結果総合図

載荷試験結果一覧表を表 3 に示す。

第 1 限界抵抗力は、各曲線法の判定値の最小値とした。試験最大荷重における杭先端変位量は、近似的に杭径の 10% 相当とみなせることから、この時の杭先端の軸方向力 5,312kN/m² を第 2 限界抵抗力 (極限支持力) と判断した。

この時の極限支持力度は、杭先端の断面積 1.131m² より q_d=4,700kN/m² と算定される。この値は、指針¹⁾ に示される新里泥岩 (N 値 ≧ 30 以上) の q_d=2,500kN/m² と比べて 1.9 倍程大きい値であった。

表 3 載荷試験結果一覧表

諸元	杭長 18.0(m), 杭径 1.2(m), 断面積 1.13(m ²)	
荷重変位	最大荷重 P _{max} (kN)	7,840
	最大変位量 S _{max} (mm)	111.18
	最大変位レベル S _{max} /D (%)	9.3
杭頭	第 1 限界抵抗力 P _{0y} (kN)	6,500
	第 1 限界変位量 S _{0y} (mm)	37
	第 2 限界抵抗力 P _{0u} (kN)	7,840
	第 2 限界変位量 S _{0u} (mm)	111.18
杭周面	周面摩擦力 R _f (kN)	2,528
杭先端	先端支持力 R _p (kN)	5,312
	先端極限支持力度 q _d (kN/m ²)	4,700

区間ごとの周面摩擦力の分布状況と N 値の関係を、表 4 および図 4 に整理する。

表 4 最大周面摩擦力 f と N 値

地層	区間 (GL-m)	断面	f (kN/m ²)	N 値 (平均値)
風化泥岩 SMs I	3.0~5.8	2-3	15.2	11~14
	5.8~8.7	3-4	13.2	(11)
風化泥岩 SMs I	8.7~10.5	4-5	47.4	16~20 (17)
	10.5~13.3	5-6	58.4	
	13.3~16.2	6-7	46.1	
	16.2~19.0	7-8	47.0	
泥岩 SMs II	19.0~20.0	8-9	155.9	≧20

周面摩擦力の分布状況は、GL-3.0 ~ 8.7m 区間、GL-8.7 ~ 19.0m 区間、GL-19.0 ~ 20.0m 区間で異なり、地質性状および N 値との関連性が認められた。

区間ごとの最大周面摩擦力 f の解析値と N 値の関係は次のようである。

- GL-3.0 ~ 8.7m 区間は f=13.2 ~ 15.2kN/m² とかなり小さく、その平均 N 値は 11 である。
- GL-8.7 ~ 19.0m 区間は f=46.1 ~ 58.4kN/m² で、一部に突出する N=30 を除けば、平均 N 値は 17 である。
- N 値が 20 を超える GL-19.0 ~ 20.0m 区間は、f=155.9kN/m² と比較的大きな値を示す。

杭体の健全性は、確認試験から載荷荷重 3,240 kN における変位量 1.37mm、また弾性戻り量

1.35mm から残留変位量 0.02mm と小さい値を示したことから、試験杭および杭周面地盤は健全な状態と判断した。

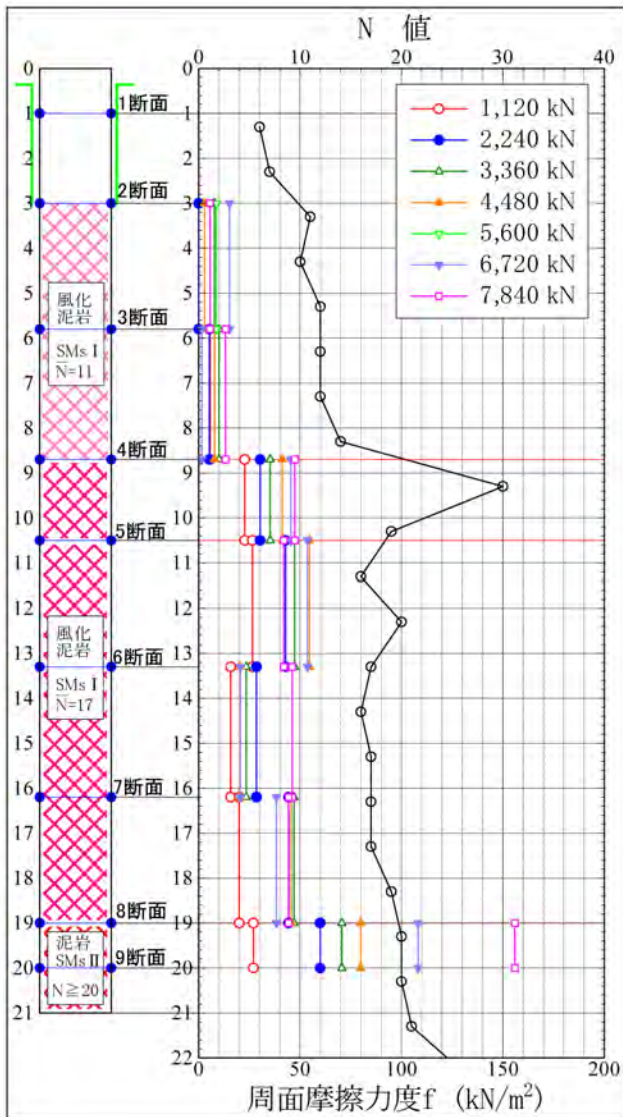


図4 最大周面摩擦力 f と N 値の関係

5. 試験結果のまとめ

N 値が 11 ~ 20 程度の新里泥岩における場所打ち杭の鉛直載荷試験を行った結果、次の知見等が得られた。

- ・ N 値 20 における杭先端の極限支持力度は 4,700 kN/m^2 であることが確認され、指針¹⁾に示される 2,500 kN/m^2 と比べて 1.9 倍程大きい値であった。
- ・ 最大周面摩擦力度の試験値は、非排水せん断強度による推定値よりかなり小さく、推定式の適用が難しい地盤であったことが確認された。

6. おわりに

本載荷試験を計画するにあたり、過去に行われた杭の載荷試験 2 事例を分析したところ、先端の支持力は、粘着力から推定して概ね妥当な値であったが、周面抵抗力は粘着力に比べて著しく低く、23 ~ 35% 程度しか出ていなかった。

その原因として、新里泥岩は軟質で膨潤性粘土鉱物を含むため、掘削によりスレーキングや攪乱による強度低下の影響が考えられた。

杭底面地盤は、圧縮応力を受け直下の健全な部分で十分な反力が得られる。一方、周面抵抗力は、脆弱部の乱された強度が反映されるため、著しく低い抵抗力しか発揮されない。

乱された強は、健全な強度からいくらか割り引いて推定するか、あるいは乱された強度と考えられるものを測定する必要がある。

しかし、杭の施工により、どの程度強度が低下するかを、土質試験で正確に推定するのは難しいと判断し、実際の杭で測定することを提案した。

この業務経験は、土質力学と地質学について深く学ぶ機会となりとても勉強になった。今後も土質・地質の知識を深め、より良い業務が遂行できるように精進していきたいと考える。

〈参考文献〉

- 1) 沖縄県土木建築部：「土木工事設計要領 第 1 編 共通編・河川編」, 2011.4
- 2) 日本道路協会：「道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編」, 2012.3

各地の博物館巡り

北海道勇払郡むかわ町

むかわ町穂別博物館



外観

はじめに

むかわ町穂別博物館は、昨年（平成30年）9月6日に発生した「北海道胆振東部地震」で大きな揺れに見舞われた北海道胆振地方東部の勇払郡むかわ町穂別にあります。空の玄関である千歳市、海の玄関である苫小牧市から近く、北海道の中心都市である札幌市からも車で2時間の距離にあります。



位置図（むかわ町穂別博物館 HP より）

むかわ町穂別地域は化石の産地として以前からよく知られており、地元のみならず各地から大勢の人が化石の採集を目的として訪れています。

1975（昭和50）年に化石採集をしていた地元の男性が骨化石を発見しました。これが約8,000万年前の白亜紀後期に生息していた首長竜のヒレであることがわかり、残りの部分の発掘が行われました。のちにホベツアラキリュウ（通称ホッピー）と名づけられるこの首長竜化石を地元に残し、保存・展示することを目的に博物館が建設され、1982（昭和57）年に穂別町立博物館として開館しました。その後、2006（平成18）年3月に旧穂別町・むかわ町の合併による新町むかわ町誕生にあわせて、博物館の名称がむかわ町穂別博物館に変更されました。

展示内容

穂別地域は古くから白亜紀のアンモナイトやイノセラムス（二枚貝）を産出することで有名でした。穂別地域で産出される「むかわ町穂別の古生物化石群」は、地史学・古生物学的に重要な多数の化石を産出していることなどが評価され、平成30年11月に北海道遺産に選定されています。

博物館では穂別地域から産出される化石を主に展示しており、白亜紀後期の首長類・モササウルス・アンモナイト・イノセラムスなどの化石が収蔵・展示資料の中心となっています。また新生代のイルカ・クジラ・デスマスチルスなども展示されています。そのほか人文系資料も保管されており、町内の学校での授業などで活用されています。



写真 ホベツアラキリュウ（ホッピー）全身復元模型（むかわ町穂別博物館 HP より）

ハドロサウルス科恐竜化石 (通称むかわ竜)

ここでは昨年、日本で初めて大型恐竜の全身骨格が確認されたとして大きな話題となったむかわ竜(通称)についてご紹介します。

2003年に地元の男性が沢沿いの崖の中腹で骨化石を発見し、(旧)穂別町立博物館に寄贈しました。当初この骨化石は首長竜の尾椎骨と判断され、クリーニング作業は他の化石の後回しにされました。本格的な調査・研究のためのクリーニング作業が始まったのは7年後の2010年からです。

研究が進むにつれ、この標本が首長竜ではなく恐竜のものである可能性が指摘され、恐竜研究の専門家である北海道大学総合博物館の小林快次准教授に鑑定をお願いしたところ、恐竜化石であることが確認され、おそらくハドロサウルス科(植物食恐竜)のものだろうとされました。

この化石が産出されたのは7,200万年前の白亜紀後期の層準からで、その堆積環境が波の影響を受けない深海であることから、尻尾だけでなく全身の骨格が見つかる可能性が高いものと考えられました。そのため博物館では小林准教授をはじめ北海道大学の協力のもと、2013年に第一次発掘を、2014年に第二次発掘を行いました。



写真 発掘作業の様子
(藤田良治准教授(愛知淑徳大学)提供)

その結果、2017年4月の段階で全身の5割以上の骨が確認され、さらにクリーニング作業が終わった2018年9月には、骨の個数で全身の6割、骨の体積では全身の8割以上が確認されました。

ハドロサウルス科の恐竜の全身骨格化石が海底の地層から見つかるのは世界的にも珍しいということで日本の恐竜研究史上最大の発見とされ、その成果は2018年9月4日に報道関係者に初公開さ

れました。大々的に報道されましたので、ご覧になった方も多いと思います。その2日後の9月6日に「北海道胆振東部地震」が発生し、その影響で一般公開は当初の予定より遅れ、11月から始まりました。



写真 2017年4月までにクリーニングしたむかわ竜の骨化石(むかわ町穂別博物館HPより)



写真 2018年9月に発表したむかわ竜化石(むかわ町穂別博物館HPより)

おわりに

昨年(平成30年)は北海道命名150年に当たり、8月に札幌市で行われた「北海道150年記念式典」でむかわ竜の化石が展示されました。そして式典に臨席された天皇、皇后両陛下がご覧になり、多大な関心を示されました。

当地は昨年の「平成30年北海道胆振東部地震」の震源に近く、隣の厚真町では北海道初となる震度7を記録し、むかわ町自体も震度6強という大きな揺れに見舞われました。博物館では収蔵している骨格や化石の一部が落ちて割れる被害がありましたが、いずれも修復可能で軽微な被害ですみ、9月30日から通常通りの開館にこぎつけました。

北海道、そしてむかわ町は元気です!ぜひむかわ町においでいただき、むかわ穂別博物館で恐竜時代の息吹を感じてください。

なお、本文作成に当たりむかわ穂別博物館のホームページから多くを引用させていただきました。記して感謝いたします。

[一般社団法人北海道地質調査業協会
技術顧問 横田 寛]

大地の恵み

そうぎすい 宗祇水

1. はじめに

岐阜県は、日本列島のほぼ中央に位置しており、太平洋にも日本海にも面していない、いわゆる「海なし県」である。

岐阜県は県土の約8割が山地からなる山岳県であり、低地は県域南部にわずか2割程度みられるのみである。県の北部には分水嶺山地があって、太平洋側と日本海側へと流れる河川が存在する。岐阜県の南部には濃尾平野が広がり、ここには木曾三川と呼ばれる木曾川、長良川、揖斐川が流れ、太平洋へと注いでいる。中でも長良川の中流域は「日本の名水百選」に選ばれるほど美しい清流であり、ここに生息する鮎もまた「清流長良川の鮎」として世界農業遺産に認定されている。



図-1 岐阜県の地形と主な河川
(YAHOO! 地図を引用・加筆)

2. 宗祇水

長良川の上流域には、日本三大盆踊りに数えられる「郡上踊り」で有名な郡上市がある。長良川の支流には、郡上八幡市街地を流れる吉田川があり、「宗祇水（別名白雲水）」はこの吉田川に流入



写真-1 郡上八幡市街地を吉田川が流れ写真奥の長良川に注ぐ

する小駄良川の河畔に湧き出る泉である。

この「宗祇水」は、連歌の宗匠として知られた飯尾宗祇が、文明年間この泉のほとりに草庵を結んでこの清水を愛用したところから名づけられたとされている。



写真-2 宗祇水（白雲水）

文明3年（1471）には、飯尾宗祇が郡上の領主である東常緑から古今和歌集の伝授を受けて京へ戻る際、当時の2大歌人である二人がこの泉のほとりで互いに喉を潤し、歌を詠み交わしたとも伝えられている。

「もみじ葉の流るる竜田白雲の花のみよしの思ひ忘るな」という一首は、別れに際して常緑が宗祇にはなむけとして詠ったと伝えられている。

3. 宗祇水の水質

「宗祇水」は、郡上の山々を通して湧き出た水であり、天然のミネラルが含まれている。ミネラルの含有量は日によってばらつきがみられるようであるが、100mL当たりナトリウムが約4.0mg、マグネシウムが約2.1mg、カルシウムが約42.8mg、カリウムが約0.8mg含まれ、キリっとした清らかな味わいが特徴である。この「宗祇水」は、環境省が選定した「日本名水百選」の第1号として指定を受けている。

郡上市街地では、この「宗祇水」のように良質な湧き水や谷水が各所にみられ、昔から町の人々の暮らしに欠かせないものとして利用されている。各敷地には水舟と呼ばれる二槽または三槽の水槽があり、最初の水槽は飲用や食べ物を洗うのに使われ、次の水槽は汚れた食器の洗浄として利用する。そこで出たご飯粒などの食べ物の残りはその先の池に流れ、飼われている鯉や魚のエサとなり、水は自然に浄化されて川に流れ込む仕組みとなっている。

また、城下町として栄えた街にはいたるところに用水が張り巡らされており、これらもまた町の人々の生活に密接に関わっている。この用水は、本来は地域の防火用水として整備された重要なものであるが、夏になればスイカが冷やされていたり、アユ釣りのオトリに使う鮎が籠に入れてあったりする。地元の人たちは洗い場組合を作り、所々に設けられた洗濯場で洗濯物の濯ぎなど、生活の一部として利用されていることが伺える。

水路の水はとても清らかであり、鯉のほか溪流にしか生息しない岩魚やアマゴ、鮎なども泳いでおり、水路沿いの小路を歩く人達の間を楽しませてくれている。



写真-3 民家の裏手を流れる用水と共同の洗い場

4. 宗祇水を生み出す郡上八幡の地質

「宗祇水」は、郡上八幡の山々を通して湧き出た水であり、天然のミネラルが含まれている。

郡上八幡の山々は、中生代ジュラ紀の「美濃帯

堆積岩コンプレックス」によって形成されている。美濃帯堆積岩コンプレックスは、泥岩を主体とした海底地すべり堆積物であり、泥岩や砂岩の中に、それよりも古い古生代石炭紀～ペルム紀に形成されたとされるチャートや石灰岩、緑色岩類等の異地性岩体を含む混在岩体である。



写真-4 吉田川の河床部に露出する美濃帯の岩盤

郡上八幡地域においても泥岩や砂岩を主体としているものの、近傍にはチャートや石灰岩岩体が多く取り込まれており、大小の鍾乳洞も点在している。

宗祇水に代表される郡上市の湧水は、地下に浸透した水がこれらの地層内を通過して湧き出た水であり、少なからずミネラル分を含有していると考えられるが、石灰岩の分布域が限られることによって湧水地点ごとにミネラル成分量にも差異が生じているようである。

5. おわりに

宗祇水をはじめとした郡上地域の湧水は、そこに生活される方々が昔からその水を愛し、規律を持って維持・管理に努めてこられた結果、現在もなお街中を流れる水は清冽であり、これらが流れ込む長良川もまた、清流と呼ばれる清らかさが保たれているのだと改めて気づかされた。この姿勢に敬意を表するとともに、大地からの恵みを受けた澄み切った湧き水をこれからも大切にしていきたいと思う。

〔古田 一彦：(株)朝日土質設計コンサルタント〕

〈参考文献〉

- 1) 岐阜県公式HP「岐阜県の概要～岐阜の地形・気候」
- 2) 岐阜県公式HP「環境～自然保護～名水百選・宗祇水」
- 3) 郡上八幡観光協会HP「水の町」
- 4) 日本の名水100選事務局HP「日本の名水100選」

各地に残すべき

地形・地質

小豆島の横っ腹に寒霞渓（香川県）

1. はじめに

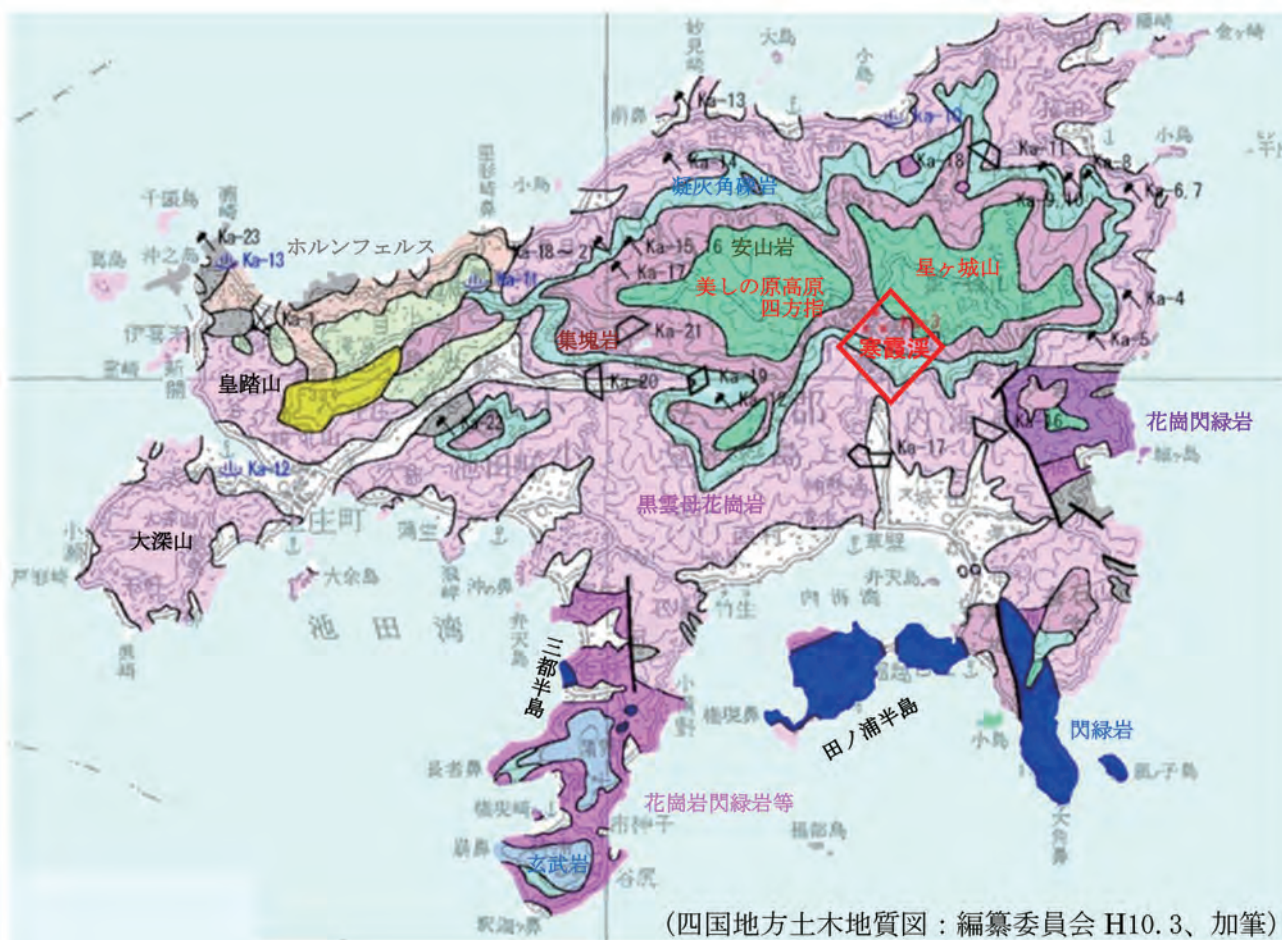
私は小豆島に長く住む島民の一人です。そこで残すべき地形・地質と言えば真っ先にこの島、小豆島を挙げたいと思います。なかでも小豆島のほぼ中央にある寒霞渓は、日本三大渓谷美や日本三大奇勝等にも選ばれており、島一番の候補です。

「小豆島」は、香川県の北東部、瀬戸内海の島の中では、淡路島に次いで2番目の面積を有し、

日本の島においては19番の大きさであります。

また、船でしか渡れない離島としては日本国内で最も人口の多い島で、1日に発着するフェリーの本数は日本有数を誇ります。

小豆島の地名は「古事記」に『いざなぎ・いざなみの神が、日本の大八州に続いて10番目に「小豆島（あづきじま）」を国生みし、別名を「大野手比売（おおぬでひめ）」という記述があります。また「日本書紀」では、『応神天皇は、皇妃



（四国地方土木地質図：編纂委員会 H10. 3、加筆）

図-1 小豆島の地質図と主な山頂と半島

兄媛が吉備の国へ里帰りするに際し難波から出帆する舟を高台から見送りながら瀬戸の島々を望み見て、「阿波旋辞摩（あわじしま）、弥二（いやふた）並び阿豆枳辞摩（あずきじま）・・・』との記述があります。「小豆島（しょうどしま）」と呼ばれるようになったのは、鎌倉中期頃とされています。このように古い歴史を持つ由縁が特殊な地形・地質であるとしたら、そのままの姿で後世まで残すべき場所だと思います。

2. 牛になぞらえる小豆島の地形

小豆島は東瀬戸内海の広い播磨灘西域に浮かんでいますが、実は沈水断層海岸線を有する沈降域にあります。海岸線は変化に富み、多数の半島と入江が造る形が、左を向いた牛に形容されます。

図-1で分かるように各地形は牛の各部位を見事に表しています。西から右回りで紹介すると、土庄港以西の大深山は鼻先、皇踏山は顔と頭、四海の蕪崎はホルンフェルスでできた硬い角、吉田の金ヶ崎にはかわいい尻尾まで付いています。南に下ると二股に分かれた閃緑岩の細い尾根状半島が巨体の割に細い牛の足が想像でき、田ノ浦半島は前に跳ね上げた足のように動きまで感じられます。三都半島は揃えた前足で、長者鼻と崩鼻は踏ん張っている両つま先に見えてきます。

前足の付根には美しの原高原（四方指展望台：776.1m）が肩骨をイメージさせ、後足の付根には瀬戸内海の最高峰である星ヶ城山（816.1m）が腰骨としてドンと腰を据えています。寒霞渓はちょうど肩と腰との間にあたり、まさに“牛の横っ腹”です。

3. 地質が醸し出す神秘的奇岩怪石の壮かさ¹⁾

星ヶ城山は、県内の中でも讃岐山脈（地壘山脈1,000m級）を除けば最高峰となります。島にこれだけ高い山があるのは特殊な地質構造にあります。約1,300～1,500万年前の瀬戸内火山活動によって基盤岩とされる花崗岩類の谷部に厚く火山噴出物が堆積しました。下位から角礫凝灰岩、集塊岩、さらに讃岐岩質安山岩と成層しています。最上位にある讃岐岩質安山岩は硬く浸食に強い性質があり下位の軟質岩を保護するように被覆しています。その時、峰であった所が今は深く刻まれてなくなり、硬い溶岩のあった所が高い山頂部として残っています（キャップロック構造）。

寒霞渓は、星ヶ城山とそれに続く美しの原高原の鞍部にあたります。山復斜面（横っ腹）にある集塊岩等が長い年月の間に差別浸食を受け、特に

著しい所で、奇岩怪石の絶景を造っています。写真-1は四方指展望台から寒霞渓越しに眺望する内海湾でこの高低差は壮大です。また、烏帽子岩をはじめ、このほかにも松茸岩・金屏風・玉筍峯などの奇岩や奇峰が形成されて、その景観は自然美の極致とされています。



写真-1 四方指展望台から望む内海湾と烏帽子岩

寒霞渓を観賞するには、写真-2のロープウェイ（こううん駅 295m から山頂駅 612m）を利用することのほか、「表十二景」と呼ばれるロープウェイの西側登山道と「裏八景」と呼ばれる東側登山道があります。スリルと迫りに満ちた大自然の神秘を体感するにはロープウェイが、片道約1時間かけて歩きながらのんびりと奇岩怪岩また自生植物を間近で観察するには、登山道がお勧めです。



写真-2 ロープウェイから望む寒霞渓の景勝

4. おわりに

小豆島には他にも特筆すべき地形・地質があり、「世界のマグマ研究の聖地」と呼ばれています。また、今年「海の復権：美しい自然と人間が交錯し交響してきた瀬戸内の島々に活力を取り戻す」をテーマとしました『瀬戸内国際芸術祭 2019』が春・夏・秋に開催が予定されています。地形・地質の名所と芸術のコラボレーションを体感しに是非一度お立ち寄り下さい。

1) コロナ社：「香川県 地学のガイド」、昭和54年参照

[株式会社 東洋地質 木村 崇浩]

林業分野における地形学・地質学の新たなニーズと地形判読

だいまる ひろむ
大丸 裕武*

Key Word

森林路網, 作業道, 林業, 地質, 風化, 地形判読, CS 立体図

1. はじめに

最近、林業の成長産業化という言葉をよく耳にするようになった。平成 21 年に政府から林業再生プラン¹⁾が提唱され、その後も名称の変化はあったが、林業の活性化を目的とした政策が積極的に進められてきた。この背景には戦後植林した人工林が収穫期に達し、その有効利用が急がれているという国内の資源状況がある²⁾(図 1)。しかし、木材供給量が増大すれば木材価格は低迷するため、そのなかで利益を上げるには林業の生産性を高めることが至上命題となる。日本林業の生産性向上の最大の鍵は木材の搬出コストにあると言われており²⁾、そのためには林内路網の充実が必要とされている。その結果、林業先進国のドイツやオーストリア並みの高密度(ヘクタールあたり 80~100m)の森林路網の整備を目指して、全国で森林路網の整備が進められている。

しかし、日本の山地はお手本とするドイツやオーストリアの山地と大きく異なり、地質的な脆弱性が極めて高い¹⁾。このような山地に高密度路網の整備を進めることの技術的な難しさは、現場で森林路網の作設を進める地方の林業技術者に早い段階で認識され、崩れやすい山に低コストで安全な道を作る技術が各地で模索されるようになった⁶⁾。そして、現場で安全な道づくりに取り組む技術者は必ずと言っていいほど、地形地質の見極めの重要性を指摘している¹⁰⁾。

これまで筆者は、国公立の林業関係研究機関に所属する有志の研究者とともに、地形学や地質学の知識に基づいて山地の中の危険地を見つけ出す技術の開発と普及を行ってきた。以下では、森林・林業分野における近年の地形学や地質学に対するニーズの高まりと、それに対する筆者らの研究グループの取り組みについて紹介したい。

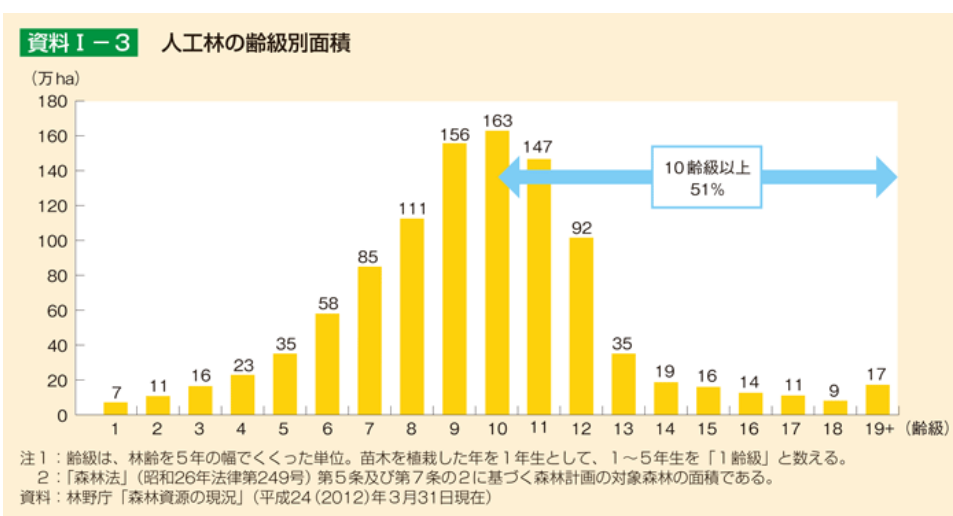


図 1 人工林の齢級別面積¹²⁾

齢級は林齢を 5 年の幅でくくった単位で、現在では 50 年生の 10 齢級の森林面積が最も大きく資源量が充実した状況にある。

*国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所 研究ディレクター

2. 森林路網の種類

林業用途の森林路網は規格によっていくつかの種類に分けられる(図2)。山の中で伐採した木は、作業員がチェーンソーや林業機械を使って枝などを切り落とし、長さをそろえた丸太にされる。切り出された丸太はフォワーダーと呼ばれる小さな車両や小型トラックに積まれて土場と呼ばれる集積所まで運ばれる。この際に用いられる森林作業道は幅員3m以下の簡素なもので、いわば森林内の毛細血管とでもいふべき機能を果たしている。森林作業道は通常、コンクリート施設による補強は行わず土構造とするのが基本とされる。

森林作業道を通じて土場に集められた丸太をトラックなどで林道や一般道まで運び出すのに必要となるのが、林業専用道と呼ばれる道である。10t積みトラックの走行を想定し、必要最小限の構造を持つことになっており、作業道よりもやや大規模な道である。作業道と同様に土構造を原則とするが、簡易な構造物を用いて強度や排水性能を向上することが許されている。また、不安定化しやすい法面などでは簡易な植生工の施工も許されている。



図2 林業専用道と森林作業道のイメージ³⁾

3. 土構造主体の路網で発生する様々な問題

このように、森林作業道と林業専用道のいずれもが土構造で作設することを原則としている点が通常の道路とは異なる特徴である。土構造のため、法切りが小さくなるように、できるだけ等高線に沿った、山を傷つけないルートを取ることが推奨されている。それでも地形が複雑な山地では等高線に沿ったルートを取ることが難しく、法切りや盛土が必要になるが、地質的に脆弱な場所では不安定化しやすい。もちろん、ルート選定の際には地形や地質を十

分に検討することになっているのだが、一般に入手が可能な地形図や地質図の情報から、危険な場所を予想することは非常に難しい。山地の中には、マサ土などの風化土や、破碎帯、地すべり堆積物や崖錐などの脆弱な物質が多くある場所に潜んでおり、工事を進めていくなかで、それらが突然現れて難所となることも多い(写真1)。



写真1 法面崩壊が進むマサ土地帯の作業道



写真2 つづら折りに建設された高規格林道

4. 安全なルート選定を支援する地形判読技術

森林路網の問題は土構造というコスト上の制限による部分も大きいですが、実際にはコンクリート施設を用いても、ルートを間違えると施設の維持に大きなコストを要するケースがしばしば見られる。写真2の林道はスーパー林道と呼ばれ、観光振興も目的とした高規格な林道で、コンクリート製の補強施設の設置も許されている。しかし、この林道ではコンクリートの吹付を行った法面が重力性クレープによって岩盤が変形する現象が各所に見られる(写真3)。



写真3 重力性変形で発生した法面の変形

この地域の山地はクリープを起こしやすい中古生層の堆積岩からなるが、工事が行われた当時の林道技術では、このような重力性岩盤クリープの発生を予測することが難しかったのだと考えられる。

危険地を認識したルート選定の重要性はこれまでも指摘されており、林業分野でも、安全なルートを選択する技術も提唱されてきた¹⁰⁾。しかし、これらの技術の多くは、現場を通して伝授される名人芸的な部分が多く、誰もが容易に習得できる技術とはなっていなかった。全国で森林路網の建設が拡大する中で、林業の現場からは安全な森林路網のルート選定を支援する技術が欲しいという要望が寄せられていた。

私たちの研究グループは、このような林業現場の声を受けて、地形情報から可能な限り災害危険地を回避するための技術を開発するための研究プロジェクトを行うことになった（平成26～28年度農食研事業、26079C、安全な路網計画のための崩壊危険

地ピンポイント抽出技術)。治山や林道の現場では、コストの制限から地上踏査や地形判読から斜面の地質の状況を推定することが普通である。そこで、当時普及しつつあった航空機レーザー測量データを利用することを考えた。

航空レーザー測量の地形データを可視化する方法としては、当初は陰影図が最も一般的であったが、斜面方位によっては、どうしても陰になる部分が出てしまう。アジア航測株式会社が開発した赤色立体図は全方位の斜面の地形を把握できるという点で優れていたが、開空度を明暗で表現するため、林業の現場で問題が起こりやすい谷の中の地形が暗くて見えにくいという問題があった。この問題を克服した地形表現技術の一つが、長野県林業総合センターの戸田堅一郎氏が考案したCS立体図である。CS立体図はDEMから作成した傾斜を白黒の濃淡で、曲率を赤～青色の色調で表現したものである。戸田氏は、曲率を赤～青の色調で表現することでも、赤色立体図のような立体感が得られることに気づきCS立体図を考案した。CS立体図は水の通り道となる谷状の地形を青色で認識できるのが特徴である。断層などの地質的な不連続線が多く、雨の多い日本では、とかく水の集中が問題を引き起こすことが多いため、この図法は林業現場のニーズにマッチしていた。研究グループには、考案者の戸田堅一郎氏が加わっていたこともあり、私たちはCS立体図を微地形判読に活用することにした。

図3は、写真2と3で示した重力性クリープが発生した斜面の国土地理院の2万5千分の1の地形図(左)と航空レーザー測量データ(0.5mメッシュのDEM)から作成したCS立体図(右)である。国土地理院の地形図の等高線の形状からクリープ性斜面であることを見抜くには、高い判読力が必要とされ

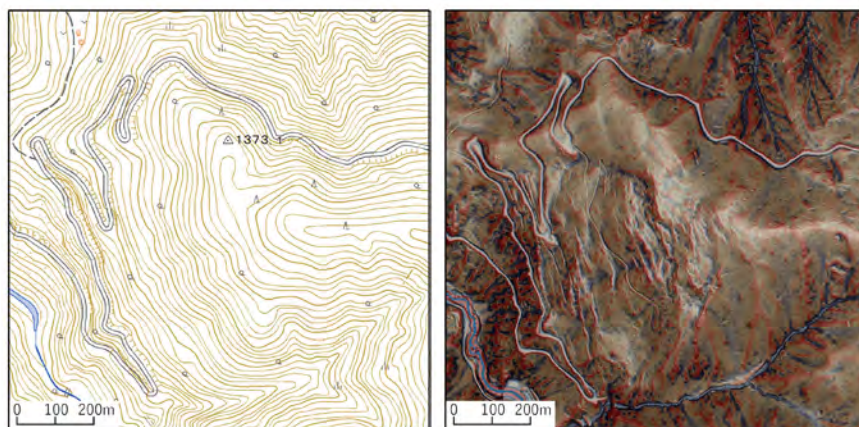


図3 重力性変形が進行する山地の国土地理院2万5千分の1地形図(左)とCS立体図(右)

るが、CS 立体図をみると地形図では不明瞭だった、クレープ性斜面特有の滑落崖やしわ状の微地形が明瞭に見て取れ、周囲とは異なる斜面であることが一目でわかる。CS 立体図であれば、地形判読の初心者にも微地形を通して地形判読の有効性を説明できるように思われた。実際に、いろいろな現場で現地講習をして CS 立体図を見せると、地形判読に不慣れだった技術者の多くが地形判読に大きな関心を示すようになった。

5. CS 立体図普及拡大の背景

すでに長野県では、CS 立体図を林業従事者に提供して、林業の現場で活用することを積極的に進めており¹³⁾、私たちも長野県のような取り組みを全国に拡大することを考えた。しかし、CS 立体図の作成には一定の GIS のスキルを必要とすることが普及のネックとなっていた。そこで、CS 立体図の作成を自動化し、公開して利用を呼びかけるという作戦を考えた。筆者らは ESRI 社の ArcGIS を用いて CS 立体図を作成していた。ラスターデータの処理の基礎をマスターすれば、広域を作成すること自体は単純な作業の繰り返しになるので、それを自動化すれば作成が楽になるように思えた。ArcGIS は ArcPy という Python のライブラリで記述されていて、ユーザーには仕様や利用方法が公開されていた。そこで、ESRI Japan 社の技術指導を受けながら ArcPy を習得して、CSMapMaker という CS 立体図自動作成ソフトを開発した。すると、ちょうど CS 立体図を民有林の基盤情報として普及することを検討していた静岡県の実心な担当者がこのソフトを利用して、県内の民有林の CS 立体図を一気に作成してしまった。しかも、静岡県

は作成した CS 立体図のデータにコモンズライセンス (CCBY) を適用して公開した。コモンズライセンスを表示することで、著作権は保有しつつ商業利用も含めた外部利用を積極的に促すことが可能になる¹⁵⁾。さらに、静岡県は CS 立体図を自県のサーバーから公開するだけでなく、地理データの共有・公開を進めている G 空間情報センターでも公開した¹⁴⁾。公開の効果はめざましく、2017 年 1 月には G 空間情報センターのダウンロードランキングで 1 位を記録した。

これだけでも、非常に驚いたのだが、奇跡のリリースはさらに続いた。宮崎県の職員が公開された静岡県のデータを、宮崎県の“ひなた GIS”という WebGIS のサイト (図 4) に転載したのである。ひなた GIS は 3 次元表示や、国土地理院や産総研といった国内の主要な機関が提供する WebGIS データを重ねて表示できる非常に高機能なサイトである。おかげで、1m 解像度の静岡県の CS 立体図が地理院地図のように Web 上で自由に閲覧できるサイトが思いがけない形で実現した。

筆者は CS 立体図の考案者の戸田氏と、「いつの日か CS 立体図をグーグルアースのようにインターネット上で使えるようにしたいね」と語り合っていたのだが、有志の公務員やエンジニアのネットワークによって、それがあつという間に実現してしまったことには本当に驚いた。当時は、OpenGIS や Leaflet などの WebGIS の技術が急速に発達して仕様が公開され、JavaScript で独自の WebGIS のサイトを構築できるようになったことが背景にある。それでも、地方公務員が直接コーディングして出来た本格的な WebGIS のサイトの衝撃は大きかった。

また、CS 立体図の自動作成ソフトについては、フリー GIS を普及している FOSS4G という団体が

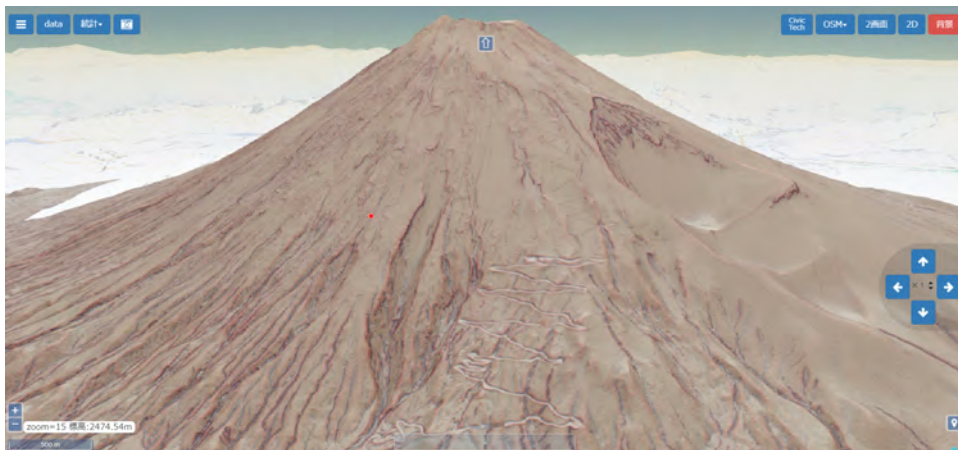


図 4 宮崎県のひなた GIS に掲載された静岡県の CS 立体図 (富士山南面)
<https://hgis.pref.miyazaki.lg.jp/hinata/hinata.html>

注目し、フリーソフトの QGIS 版のものが、あっという間に完成した（つくば市の公民館に集まった有志のエンジニアが数時間で開発した）。このソフトも ArcGIS 版の CSMaPMaker とともに G 空間情報センターで公開されている。このように、CS 立体図をめぐるのは、この表示技術に注目した公務員や、研究者、エンジニアのリレーが続き、現在では、静岡県、長野県、岐阜県の民有林のデータが G 空間情報センターから公開されている。また、全国についても長野県が 10m メッシュの CS 立体図を作成して同様に G 空間情報センターから公開されており、広域の地形を概観するためには非常に便利である。

また、忘れてはならないのは、この普及拡大の背景にはデータ提供側の公共機関の理解があったことである。筆者が知る限り、自治体が CS 立体図の作成に用いた航空レーザー測定のデータは、国土交通省から提供されたケースが非常に多い。この背景には平成 7 年に成立した地理情報活用推進基本法など、地理情報に対する認識や期待の高まりがあるのはもちろんだが、地域のために活用できるデータは可能な限り提供しようという、行政担当者の理解や協力が無ければ CS 立体図がこのようなスピードで普及することはなかっただろう。

6. 地形判読の普及に向けて

CS 立体図という地形判読のための媒体の目途はついた。ひなた GIS のように WebGIS 上で CS 立体図を利用できるしくみも登場した。国土交通省のデータを利用するだけでなく、独自で航空レーザー測量を行い林業に活かそうという自治体も増えてきた。赤色立体図など、他の図法も含めれば航空レーザー測量データで地形判読が可能なエリアは全国で着実に増えつつある。

情報プラットフォームの構築の次は、本命の地形判読技術をどう普及するかが問われることになる。私たちのプロジェクトでも林業技術者向けの現地講習会を繰り返しながら普及活動を行っているが、必ずしも順調というわけでは無い。実際に地形判読の講習をすると、地質学や地形学の基礎的な知識をもとに、そのまま現場の問題を解釈できると考えている人が想像以上に多いことに驚かされる。林業の現場で現れるのは、岩石だけの世界ではなく、基盤岩や風化岩、土壌と植物がセットになった、山地表層の生態系そのものである。そこに現れる現象はさまざまで、そのような自然物を解釈するための研究蓄積も非常に乏しい。現状では、地形学や応用地

質学のテキストを参照しながら「最終的には山の自然が教科書です。自然に学んでください」と、半ば無責任とも思えることを言いながら普及活動を行っている。

しかし、忘れてはならないのは、林業分野で地形学や地質学の知識の重要性が認識されたのは、今に始まったことではなく、偉大な先達がいたことである。その代表は小出博氏で、林学科出身の地質学者として戦後の災害科学に多大な貢献をしたことは多くの人に知られている。小出氏は岩石学の実験者であるが、純粋な岩石学的研究に留まらず、風化後の岩石の特性にまで研究対象を広げ、地質学的な視点から日本の土砂災害を類型化した。とくに、第三紀層地すべり、温泉地すべり、破碎帯地すべりといった、小出氏が提唱した地すべりの諸類型の概念は現在でも広く使われている。また、小出氏とともに地質学的な視点から土砂災害のメカニズムに取り組んだ林学の研究者として、北澤秋一氏も挙げられる。北澤氏は中部地方の花崗岩山地を中心に土砂災害と花崗岩の岩質との関係について多くの業績を残している。このように、昭和期に林学出身の研究者による優れた応用地質学的研究が残された背景としては、第二次大戦後の土砂災害が頻発する状況下で、土砂災害の特徴に地質の影響が明瞭に認められ、地質学的考察の重要性が広く認識されていたことが考えられる。

そして、過去の文献を読むと、小出氏や北澤氏の思想は現場に届いていたこともわかる。図 5 は中部森林管理局の発表会の要旨集に掲載された治山技術者のスケッチである⁹⁾。流紋岩を切る断層破碎帯の斜面で発生した崩壊を記載したものと思われるが、今日の林業分野における地質に対する意識を考える

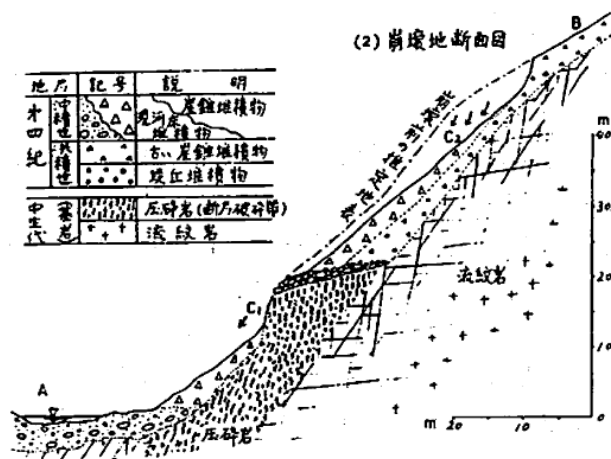


図 5 治山技術者による崩壊地のスケッチの例⁹⁾

と、これだけの観察眼を持った技術者が林業分野の行政機関にいたことには驚かざるを得ない。長野県では、かつて砂防学校と呼ばれる組織で、地質学に造詣が深い北澤氏などの指導で技術者の養成が行われており⁴⁾、地質学の重要性に対する理解が他地域よりも浸透していたことも背景にあるだろう。

このように、治山工事や林道の開設の際などに地質学的な見方が重要になることは古くから認識されてきたが、そのような問題意識は十分に広がらなかった。その原因の一つは、地質の認識がどうしても局所的に行われ、露頭という点の情報を広域に広げて考えることが当時の技術では難しかったことが挙げられる。林業の世界で最も重要なのは風化岩の分布であり、通常の地質図からそれを知ることは難しい。林業ではコスト的にボーリング調査が難しいため、地形だけから“山を読む”ことがどうしても必要になる。こうした、露頭の観察で認識された情報をどうしたら広域に拡張できるか、という問題に向き合った研究者として、牧野道幸氏を忘れてはならないだろう。牧野氏は元々土壌学者で前橋営林局（現在の関東森林管理局）に勤務して国有林野土壌調査に携わった後、応用地質株式会社の技師長を経て、独立して立地研究所を主催し森林・林業分野における土壌・地形・地質の知見の普及に尽力した。牧野氏の残した普及書には、露頭の情報を解釈する方法について、具体的な事例をもとに、美しいスケッチと地形断面図を用いてわかりやすく解説されており、現場の技術者が現場の問題を通して地質学的な見方を習得できるように工夫されている。とくに、地質と微地形との関係が断面図に丁寧に描かれており、林道工事の現場で山地の地盤と向き合う技術者にとって重要なポイントが要領よくまとめられている⁷⁾。土壌図の作成においては、地形分類をベースに土壌の分布を推定することが多いが、牧野氏はそれを地質や風化層と地形の対応関係にまで拡大して山地の認識を試みているようにも思える。牧野氏の山地の見方はCS立体図による山地の地形判読を普及する上でも参考になる点が非常に多い。

CS立体図を用いて、地形判読の普及活動を行うと、その情報の華やかさから学習者はどうしても地形情報に目が行ってしまい、その中に全ての答えがあるように思いがちである。CS立体図を見せながら、これが地すべり地形、これが崖錐、扇状地などと説明をしていると、感心してくれる一方で、地形情報そのものに山地の特性が全て秘められているかのような誤解を招きかねない。私たちが地形判読で山地の特性を推定出来るのは、多くの先人が地形と現地の現象を照合して蓄積してきた経験をベースに

している。現場を見ずに地形だけから現場のことがわかるような伝え方をするのは極めて危険である。このことを肝に銘じながら、林業における、地形・地質の重要性を訴えてきた先人たちの知識を、CS立体図のような新たな空間技術を活かして現代に甦らせるのが、今後の課題である。

〈参考文献〉

- 1) 藤田和夫 (1986) 「日本列島砂山論」 小学館創造選書 49, 136pp.
- 2) 稲熊利和 (2010) 林業活性化の課題～路網整備と木の徹底的な利用の促進～. 立法と調査, 300, 120-130.
- 3) 近畿中国森林管理局 林道・林業専用道と森林作業道. http://www.rinya.maff.go.jp/kinki/seibi/romou_seibi/1_.html
- 4) 北澤秋司 (2013) 「上久堅を学ぶ会 治山事業と砂防学校」.
- 5) 小出 博 (1973) 「日本の国土 自然と開発 上」 東京大学出版会,
- 6) 小山 敢 (2011) 急増する林業用作業道から災害を出さないために ルート計画と盛土の簡易検査. 砂防学会誌, 63 (6), 66-70
- 7) 牧野道幸 (2013) 図説 森林土木と地形・地質. (社) 日本治山治水協会, 133pp
- 8) 宮崎県 ひなた GIS <https://hgis.pref.miyazaki.lg.jp/hinata/hinata.html>
- 9) 中野純 (1990) 与川地区における特徴的な地形地質と崩壊との関係. 中部森林管理局業務研究発表要旨集. No. 283.
- 10) 大橋慶三郎 (2011) 「作業道 路網計画とルート選定」 全国林業改良普及協会, 124pp.
- 11) 林野庁 (2009) 森林・林業再生プランについて. <http://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/saisei/>
- 12) 林野庁 (2018) 平成 29 年度森林・林業白書. <http://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/28hakusyo/index.html>
- 13) 路網部会有識者会議 (2014) 「長野県型立体地形図＝CS立体図」を用いた林内路網の路線配置検討手順. 長野県林務部・長野県森林整備加速化・林業再生協議会, 121pp. <http://www.rincon.or.jp/sinrinseibikasokukaringyosaiseikyogikai/>
- 14) 静岡県 (2016) 地形が分かる! 「CS立体図」を全国初のオープンデータ化. <http://www.jpubb.com/press/1236063/>
- 15) 特定非営利活動法人コモンズフィア 「クリエイティブコモンズジャパン」 <https://creativecommons.jp/>

(脚注) ArcGIS 版の CSMapMaker は 4 月現在下記のサイトからダウンロードできる。

<http://landform.perma.jp/wordpress/>

2018年度 応用地形判読士資格検定試験 二次試験合格者 12名が決定

全地連理事会は2019年2月、本検定試験（二次試験）の合格者12名を決定しました。

合格者は、資格登録手続きを経て「応用地形判読士」の称号が付与されます。合格者全員の登録手続きが完了しますと、「応用地形判読士」の全登録者数は107名になります。

全地連「技術フォーラム2019」の開催について（開催予告）

毎年、多くの方々にご参加を頂いています全地連技術フォーラムにつきまして、2019年度は下記のとおり開催します。

全地連「技術フォーラム2019」岡山 開催概要

- 主 催：一般社団法人 全国地質調査業協会連合会
- 協 力：中国地質調査業協会
- 開催日程：2019年9月12日（木）～9月13日（金） 2日間
- 開催場所：岡山コンベンションセンター（岡山市北区駅元町14-1）
ホテルグランビア岡山（岡山市北区駅元町1-5）

なお、技術フォーラムの一般参加者募集（技術発表会、技術者交流懇親会）や開催に関する詳細につきましては、7月になりましたら全地連のホームページ等を通じてご案内する予定です。なお、技術発表会の原稿募集受付は、4月上旬で終了しました。多数のご応募をいただき、ありがとうございました。

「報告書作成マニュアル（土質編）第2版」好評販売中

全地連では、「報告書作成マニュアル（土質編）第2版」を平成29年3月に発行し、販売を開始しました。

本書は、地質調査報告書の作成方法に関する唯一の教科書といえるものですが、初版発行の平成6年から20年余りが経過し、業界内からは改訂版の発行を希望する数多くの声が寄せられていた事もあり、第2版の発行となった次第です。

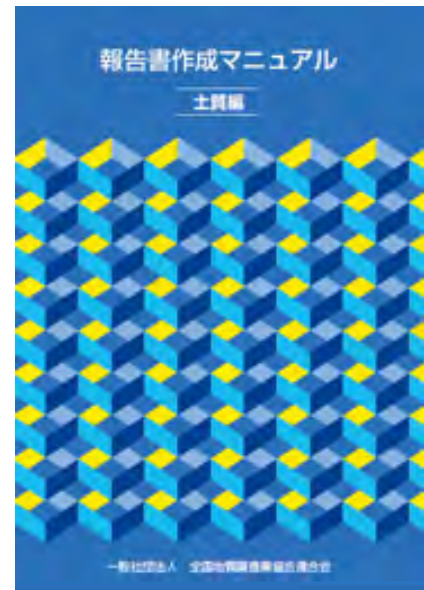
本書の目次構成は、下表の通りです。初版発行当時にはなかったコンサルティング業務、SI単位、電子納品、地質電子情報や地質リスク概念など、これら新しい分野を本書に反映し、また今の地質調査成果に求められる報告書の作成方法や留意点などを実務のながれに沿って分かりやすく解説しております。

若手技術者の技術力向上、またベテラン技術者の品質管理などに本書をぜひご活用いただければと存じます。

販売窓口はこちら

⇒

報告書作成マニュアル（土質編）第2版



発行（一社）全国地質調査業協会連合会
平成29年3月発行 A5判 160頁

報告書作成マニュアル（土質編）第2版 目次

第1章 報告書の意義と作成上の心構え

- 1.1 報告書の役割と作成上の心構え
- 1.2 地盤調査業務の流れと報告書の作成手順
- 1.3 仕様内容の確認
- 1.4 計画書の作成
- 1.5 結果の報告
- 1.6 報告書の標準的な構成と成果品
- 1.7 成果品の検査
- 1.8 地盤調査における瑕疵による損害賠償

第2章 報告書の作成方法

- 2.1 報告書の作成手順
- 2.2 目次の構成
- 2.3 業務概要の作成
- 2.4 調査方法の作成
- 2.5 地形・地質概要の作成
- 2.6 調査結果の作成
- 2.7 考察の作成
- 2.8 まとめの書き方
- 2.9 データシート類の種類と取り扱い方
- 2.10 図表類の取り扱い方
- 2.11 写真・スケッチの取り扱い
- 2.12 標本の整理の仕方
- 2.13 チェックリスト筆原稿の見直し

第3章 報告書執筆に必要な基礎知識

- 3.1 日本語の文章の書き方
- 3.2 執筆原稿の見直し・校閲
- 3.3 用語・単位
- 3.4 フローチャート（流れ図）の作り方
- 3.5 報告書の守秘義務
- 3.6 文献の引用方法
- 3.7 概要版報告書の必要性和まとめ方の要領
- 3.8 成果品

付録：執筆に役立つ関連情報

付録1 ICT技術の活用

- 1.1 国土交通省におけるICT技術の活用
- 1.2 電子納品に関する要領・基準等
- 1.3 電子データ作成に用いるプログラム
- 1.4 電子データの納品

付録2 既存資料の活用法

- 2.1 地形図・地質図・空中写真
- 2.2 ボーリングデータ

付録3 地盤調査関係の主なスペック一覧

- 3.1 地盤調査関係の主な基準書
- 3.2 調査・試験の規格・基準
- 3.3 各種試験結果出力様式

付録4 関連用語と記号

- 4.1 地質年代表
- 4.2 地盤工学標準記号
- 4.3 ギリシャ文字
- 4.4 従来単位とSI単位の比較
- 4.5 地盤工学用語の表記

地質調査技士資格登録更新（2019年度）実施予定

2019年度地質調査技士登録更新は、下記の日程で実施する予定です。詳細が決まり次第、全地連のホームページでご案内します。更新対象者の方は、更新手続きをお忘れのないようにご予定ください。

2019年度 地質調査技士登録更新 実施概要（予定）

- 更新対象者：
 - 平成26年度（2014年度）の「登録更新講習会」を受講した方
 - 平成26年度（2014年度）の「第49回地質調査技士資格検定試験」に合格し、登録した方
- 更新手続き期間：2019年9月中旬～10月中旬（約1か月間）
- 更新方法：講習会受講形式またはCPD記録報告形式（任意選択）
- 講習会受講地および講習日：
 - 全国12会場 各会場で定める2019年11月～翌年1月のうちの1日間
- その他：
 - 更新対象者の方には、8月下旬に更新案内はがきをご自宅宛に郵送する予定です。案内が万一届かない場合は、更新手続き期間中に全地連のホームページを直接ご確認の上、手続きを進めてください。

研修会「地質調査業務 計画と積算」

本研修は、地質調査の計画と積算の基礎力向上を目的とする研修会です。実践感覚を身につけて頂くために、受講者には、グループ討議形式により課題に基づく計画立案や積算を行って頂きます。過去に開催した研修会では、地質調査会社の担当者をはじめ、公共機関や施工会社の方も受講されております。受講者からは、計画や積算のポイントが分かり、また所属組織の異なるメンバーとのグループ討議などを通じて、幅広い見識を身につけることができたことと好評をいただいております。

奮ってのご参加をお待ちしております。

- 目的：地質調査業務を実施する上で重要となる調査計画や積算についての解説に加え、具体的な現場の事例に基づく演習をグループで行い、地質調査業務の特徴についての理解を深めながら、調査計画及び積算に関する必要な知識を修得する。
また、共同生活による相互啓発、相互交流、情報交換を通じて職場における業務の推進に資するものとする。
- 共催：一般財団法人 全国建設研修センター
一般社団法人 全国地質調査業協会連合会
- 後援：国土交通省 全国知事会・全国市長会・全国町村会 一般財団法人 経済調査会
- 開催日：令和元年7月8日（月）～7月9日（火） 2日間
- 申込締切：令和元年7月1日（月）
- 研修費：47,900円

令和元年度研修「地質調査業務 計画と積算」 時間割

—公共事業の品質向上に寄与する地質調査計画の立案・積算を目指して—

講義日時		教科目	講義内容
7/8 (月)	12:15 ~ 12:30 12:30 ~ 13:00	受 付 開講の挨拶・オリエンテーション	
	13:00 ~ 14:30	1.5 地質調査業務の計画立案 1. 地質調査の必要性和調査方法	日本と世界の地形や地質の違いを解説し、日本における地質調査の必要性を示す。 調査方法としては、ボーリングや代表的な原位試験及び物理検層・探査の方法を解説する。
	14:40 ~ 18:00	3.5 2. 地質調査計画の立て方 3. 地質調査計画の立て方 (グループ演習)	地質調査計画立案時のポイントを示し、建築物、切土、盛土、橋梁等についての地質調査計画の立て方を解説する。 グループ演習では、具体的な案件を基に地盤調査計画の作成を行う。
7/9 (火)	9:00 ~ 12:00	3.0 地質調査業務の積算 1. 地質調査の積算体系 2. 地質調査積算方法の解説 および演習	地質調査の積算構成および積算体系について解説し、積算方法・留意点について、演習を交えながら解説を行う。
	13:00 ~ 15:30	2.5 3. 地質調査の積算演習 (グループ演習)	ボーリング、軟弱地盤解析、弾性波探査など、前半の解説を基に、グループ討議をしながら積算を完成させる演習を行う。
	15:30 ~ 15:40	閉講式	

*開催詳細および申込書はこちら ▶▶▶ <http://www.jctc.jp/training/schedule/tuchi>

昨今の地質調査をとりまくキーワードとして、AI、ドローン、CIMなどがあります。これらは、我々の住む地表や地下の状況を、わかりやすく表示するための技術でもあります。これまで、技術者それぞれが地盤に関する基礎データをもとに、頭の中で組み立てていた三次元像を、多くの人に同じものを見せることができるようになりつつあります。専門知識が十分ではなくても、自分の住んでいる周りの地形や地質について見るができる、さらに、知ることができるという段階にたどりつきました。小特集では、地形・地質に関わる基礎情報を整理するとともに、それを伝えるという役割を担う公的機

関、企業あるいは教育に携わる方々に執筆いただきました。それぞれの分野の膨大な情報を工夫し、わかりやすく伝えようとしていることへの地道な努力とともに、未来の姿も垣間見ることができます。防災の観点からも、一人一人が身の回りの地質や地形に起因する危うさを把握し、災害への備えや早期避難意識の向上といった、地域の災害の軽減に寄与することが期待されます。地質調査で得られたデータが、社会貢献につながる姿を感じつつ読んでいただけたらと思います。

(2019年6月 K.S記)

機関誌「地質と調査」編集委員会

一般社団法人全国地質調査業協会連合会

委員長 鹿野 浩司

委員 尾高 潤一郎、加藤 猛士、佐護 浩一、谷川 正志、細矢 卓志、土屋 彰義、須見 徹太郎、池田 俊雄、高橋 暁、中川 直。

各地区地質調査業協会

委員 北海道：鈴木 孝雄 東北：昆 孝広 北陸：津嶋 春秋 関東：藤本 泰史 中部：成瀬 文宏
 関西：東原 純 中国：向井 雅司 四国：大岡 和俊 九州：永尾 一彦 沖縄県：長堂 嘉光

一般社団法人全国地質調査業協会連合会

〒101-0047 東京都千代田区内神田 1-5-13 内神田 TK ビル 3 階 TEL. (03) 3518-8873 FAX. (03) 3518-8876

北海道地質調査業協会	〒060-0003	北海道札幌市中央区北 3 条西 2 丁目 1 (カミヤマビル)	TEL. (011) 251-5766
東北地質調査業協会	〒983-0852	宮城県仙台市宮城野区榴岡 4-1-8 (パルシティ仙台 1 階)	TEL. (022) 299-9470
北陸地質調査業協会	〒951-8051	新潟県新潟市中央区新潟町通 1 ノ町 1977 番地 2 (ロイヤル礎 406)	TEL. (025) 225-8360
関東地質調査業協会	〒101-0047	東京都千代田区内神田 2-6-8 (内神田クレストビル)	TEL. (03) 3252-2961
中部地質調査業協会	〒461-0004	愛知県名古屋市東区葵 3-25-20 (ニューコーポ千種橋 403)	TEL. (052) 937-4606
関西地質調査業協会	〒550-0004	大阪府大阪市西区靱本町 1-14-15 (本町クィーパービル)	TEL. (06) 6441-0056
中国地質調査業協会	〒730-0017	広島県広島市中区鉄砲町 1-18 (佐々木ビル)	TEL. (082) 221-2666
四国地質調査業協会	〒761-8056	香川県高松市上天神町 231-1 (マリッチ F1 101)	TEL. (087) 899-5410
九州地質調査業協会	〒812-0013	福岡県福岡市博多区博多駅東 2-4-30 (いわきビル)	TEL. (092) 471-0059
沖縄県地質調査業協会	〒903-0128	沖縄県中頭郡西原町森川 143-2 (森川 106)	TEL. (098) 988-8350

機関誌 「地質と調査」 '19 年 1 号 No.153

2019 年 6 月 15 日 印刷

2019 年 6 月 20 日 発行

編集 一般社団法人全国地質調査業協会連合会

〒101-0047 東京都千代田区内神田 1-5-13 内神田 TK ビル 3 階

発行所 株式会社ジェイスパーク

〒102-0082 東京都千代田区一番町 9-8 ノザワビル 7 階 TEL. (03) 3264-7781 FAX. (03) 3264-7782

株式会社ワコー

〒102-0072 東京都千代田区飯田橋 3-11-7 TEL. (03) 3295-8011 FAX. (03) 3230-2511

印刷所 株式会社 高山

無断転載厳禁

印刷物・Web 上等に本誌記事を掲載する場合は、一般社団法人全国地質調査業協会連合会に許可を受けてください。

物探技術者待望の New Seismograph!

GeoSEIS-24 & GeoSEIS-48

geo5

操作性と機動性を追求した all in one 構造の土木物探用サイсмоグラフ

- 24bit、20 μ sec の高速・高分解能サンプリング
- リアルタイム感覚の高速性を実現したノイズモニター
- 業界初、ショットマーク信号無線伝送機能
- 直射日光下でも見易い高輝度カラー LCD 搭載
- 小型軽量・低消費電力（48 成分で 4.3Kg、待機時 0.6A）
- 24 成分 +2Aux を 48 成分 +2Aux に増設可能な柔軟設計
- データ収録は、取扱の容易な SD カード
- 各種ソフトウェアに対応可能な SEG-1、SEG-2 標準 format



*本装置は、株式会社日本地下探査との共同開発品です。

株式会社 ジオファイブ

URL <http://www.geo5.co.jp/>

〒336-0931 埼玉県さいたま市緑区原山 1-12-1
TEL 048-871-3511 FAX 048-871-3512
Email sales@geo5.co.jp

■業務内容■

- 計測機器販売 : 地質調査機器・土木計測機器・工業計測機器
- 計測機器レンタル : 地質調査機器及びその他計測機器レンタル
- 計測業務 : 現場計測業務・測定機器設置・3D 計測業務
- 計測機器設計製作 : 各種地盤計測機器の設計製作



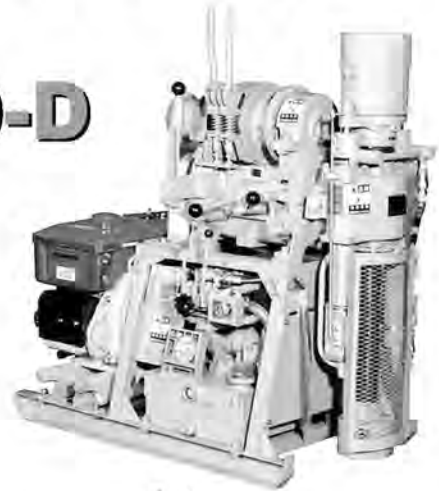
TOHO
DRILLING EQUIPMENT

小型ボーリングマシン

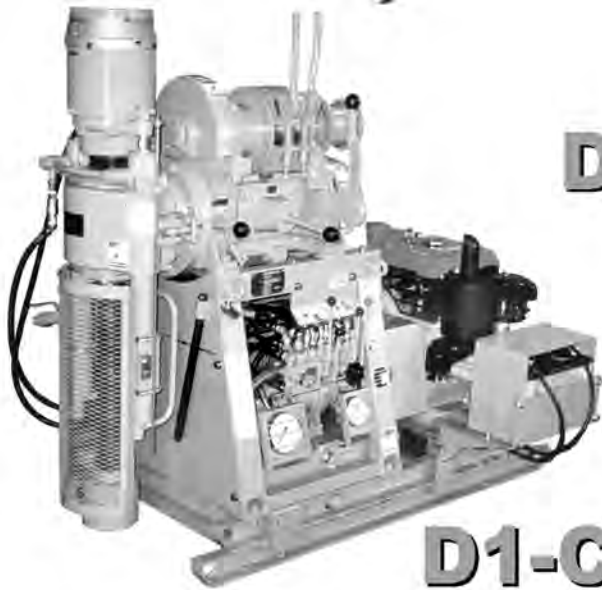
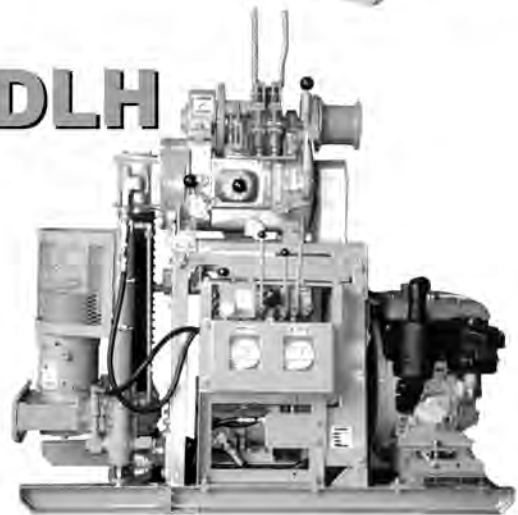
DM-03



D0-D



D0-DLH



D1-C

試錐機には小型ボーリングポンプが内蔵できます。(DM-03を除く)

機種名		DM-03	D0-D	D0-DLH	D1-C
穿孔能力	m	30	100	100	280
回転数	min ⁻¹	65,125,370	(A)60,170,330	(A)60,170,330	(A)65,130,170,370
			(B)110,320,625※	(B)110,320,625※	(B)90,170,320,490※
スピンドル内径	mm	47	43	43	48,58
ストローク	mm	300	400,500※	500	500
巻上げ力	kN(kgf)	3.9(400)	5.9(600)	5.9(600)	10.8(1100)
スライド	mm		油圧式300※	油圧式300※	油圧式300
動力	kW/HP	3.7/5	3.7/5	3.7/5	5.5/8
質量	kg	180	315	475	550
寸法	H×W×L mm	960×550×1115	1200×660×1180	1440×890×1415	1390×735×1580

右操作、左操作をご用意しております。 ※はオプションです。



東邦地下工機株式会社

東京都品川区東品川 3-15-8 TEL 03(3474)4141
 福岡市博多区西月隈 5-19-53 TEL 092(581)3031
 URL: <http://www.tohochikakoki.co.jp>

福 岡 ☎ 092(581)3031
 東 京 ☎ 03(3474)4141
 札 幌 ☎ 011(376)1156
 仙 台 ☎ 022(235)0821
 新 潟 ☎ 025(284)5164
 金 沢 ☎ 076(235)3235

名古屋 ☎ 052(798)6667
 大 阪 ☎ 072(924)5022
 松 山 ☎ 089(953)2301
 広 島 ☎ 082(533)7377
 山 口 ☎ 083(973)0161
 熊 本 ☎ 096(232)4763

三次元の向こう側をつかめ!

強力な3Dコンテンツ登場!



G-Space 地層モデリング

Type-T



アサヒ地水探査株式会社

☎ 03-3478-7216 ✉ info@gspace.jp

〒151-0051 東京都渋谷区千駄ヶ谷 3-40-5

■アサヒ地水探査 <https://www.asahigs.co.jp/>

■G-Space <https://www.gspace.jp/>

CIM対策!

ぜひ、お試しください

期間限定 無料お試しIDを発行中!!

お問い合わせはこちらまで↓

info@gspace.jp



件名に【G-Space体験希望】、本文に【会社名】、【ご担当者様名】を記載の上、上記メールアドレスにお送りください。