

東京都区部の地質地盤図

— 3次元地質モデル作成方法と公開ウェブサイト —

野々垣 進¹⁾・中澤 努¹⁾・納谷 友規¹⁾・小松原 純子¹⁾・宮地 良典¹⁾・尾崎 正紀¹⁾

1. はじめに

情報技術の発展にともない、建造物をはじめとする多様な3次元データが、社会生活の様々な場面で利用されるようになってきました(例：国土交通省，2021a)。国土交通省が推進するi-Construction(国土交通省，2021b)では、建設分野の公共事業にBIM/CIM(Building Information Modeling/Construction Information Modeling, Management)(国土交通省，2020)が導入され、地下地質に関する3次元データの整備や解析技術に対する需要も高まっています。国土スケールの地下地質に関するデータ整備は、どの国においても国の地質調査機関が中心となっていくことが一般的です(MacCormack *et al.*, eds., 2019)。我が国では、産業技術総合研究所地質調査総合センター(GSJ)が「地質の調査」の実施機関であり、近年、GSJでも都市平野部を対象として地下地質の3次元データ整備に取り組んでいます。

建造物や道路によってそのほとんどを覆われる都市平野部では、山地部のような露頭観察が難しい反面、公共工事の際の地質・地盤調査などで得られたボーリングデータ(既存ボーリングデータ)が自治体によって大量に管理されています。GSJでは、自治体の協力を得ながら、このような既存ボーリングデータを活用して、都市平野部における地層の広がりや3次元で示す地質図(3次元地質地盤図)の整備を進めています。3次元地質地盤図は、地下における地層の広がりや示す数値モデル(地質モデル)と、地表における地層の広がりや示す地形分類図とを組み合わせた地質図です。地質モデルは数万本におよぶボーリングデータの解析結果を基に、地形分類図は地表面の数値標高モデルや空中写真など高精度な地形情報を基に作成しており、3次元地質地盤図ではこれらを合わせることで、地下数十mから地表にかけての地層の広がりや詳細を示します。

2021年5月、千葉県北部地域(産業技術総合研究所，2018)に続き、東京都区部の3次元地質地盤図の整備が完了しました(産業技術総合研究所，2021)。本稿では、この

東京都区部の3次元地質地盤図に関して、地質モデルの作成方法と公開ウェブサイトの概要を記したいと思います。

2. 地質モデルの作成方法

東京都区部の地下浅部(深度約100m以浅)には、下～中部更新統上総層群、中～上部更新統下総層群、上部更新統の段丘堆積物、上部更新統～完新統の沖積層、及び埋立層が分布します(納谷ほか，2021)。3次元地質地盤図に用いる地質モデルは、これらの地層の基底面を組み合わせた3次元形状モデルで、その作成にあたっては大きく分けて(1)標準層序の設定、(2)地層の対比、(3)地層基底面の推定、(4)地層基底面の結合という4つの処理を行いました。

2.1 標準層序の設定

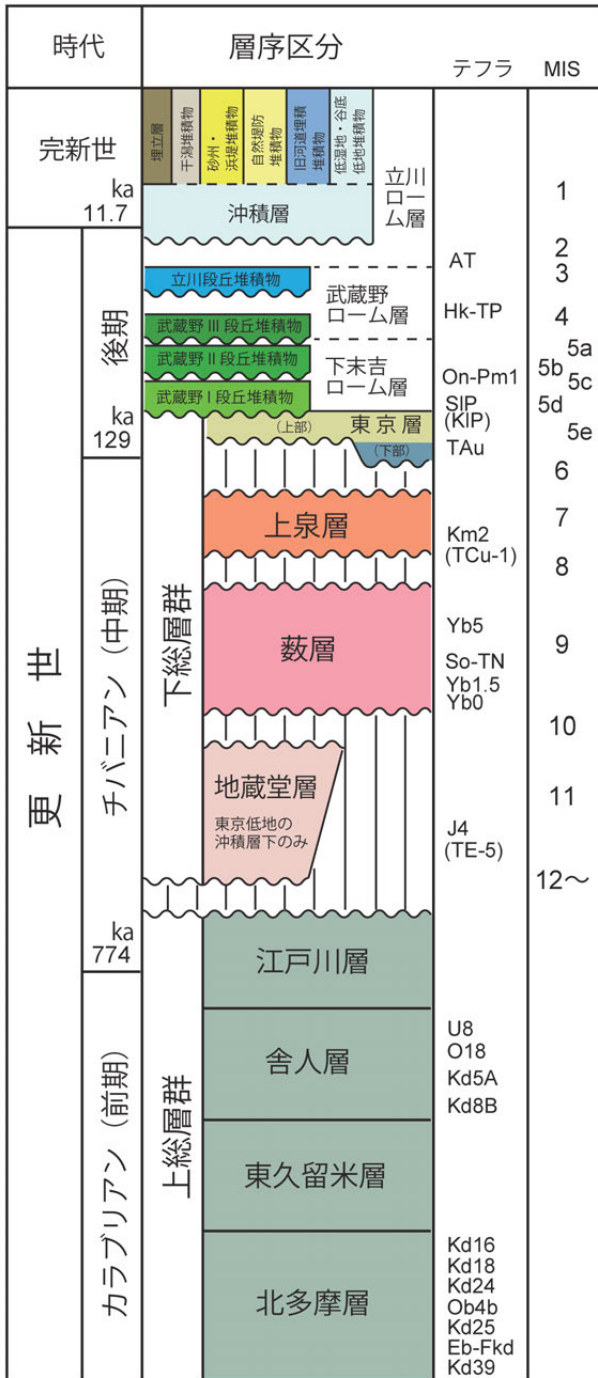
地質モデルをどのような地層の基底面で構成するのかを決めるにあたり、対象地域における標準層序が必要となります。そこで、モデル作成地域の標準層序を定めるためにGSJが要所でボーリング調査を行い、層序学的・堆積学的に有用な地質情報をもつボーリングデータ(基準ボーリングデータ)を整備しました。基準ボーリングデータには、コア観察に基づく詳細な岩相記載のほか、花粉、放射性炭素年代、密度、P波・S波速度、地層境界の深度等の情報が含まれます。今回の3次元地質地盤図整備では、計20地点の基準ボーリングデータを利用して対象地域の標準層序を定めました(納谷ほか，2021)(第1図)。また、この標準層序を基に、地質モデルで表現する地層として、形成年代が古いものから順に上総層群、葦層、上泉層、東京層下部、東京層上部、武蔵野I段丘堆積物、武蔵野II段丘堆積物、武蔵野III段丘堆積物、立川段丘堆積物、沖積層という10層を設定しました。

2.2 地層の対比

次に自治体から提供を受けた既存ボーリングデータについて地層の対比処理を行い、上総層群を除く各地層の基底

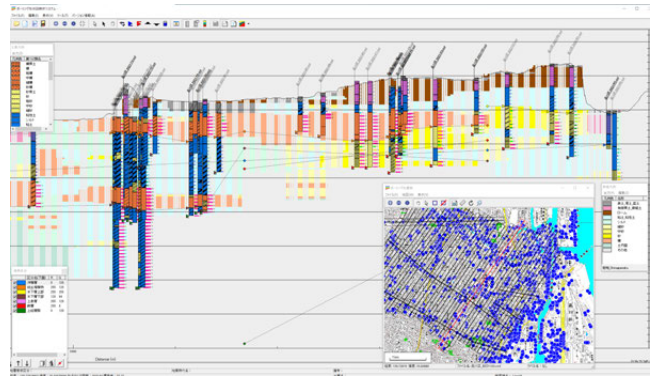
1) 産総研 地質調査総合センター 地質情報研究部門

キーワード：東京都、地質地盤図、3次元地質モデル、ボーリングデータ



第1図 東京都区部の層序総括図(納谷ほか, 2021).

面の深度に関するデータセット(以下、基底面深度データ)を作成しました。既存ボーリングデータは、地質・土質調査の電子納品に利用されるボーリング交換用データ(XML形式)となっています。このため、地層の対比には、ボーリング交換用データの読み込み機能や、任意の断面測線上へのボーリング柱状図の投影表示機能、地質境界位置の指定・保存機能などをもつソフトウェアのひとつである、ボーリング柱状図解析システム(AIST-Borehole Log Analysis



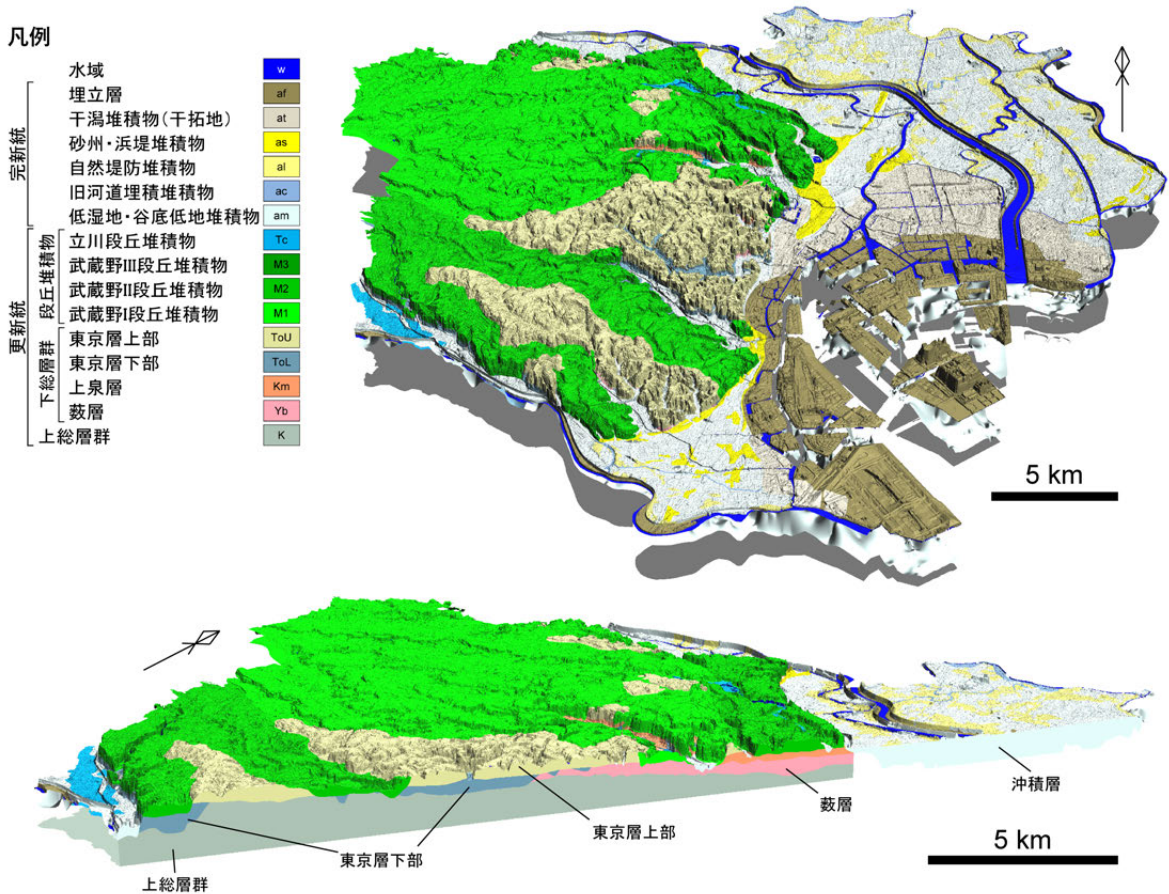
第2図 地層の対比処理の操作画面の例。

ver. 2.2)(産業技術総合研究所, 2015)を利用しました(第2図)。

既存ボーリングデータは基準ボーリングデータと比べると圧倒的に数が多く、ほとんどの場合、土や岩石の種類の情報とともに、それらの固さの指標となる標準貫入試験の情報(N値)をもちます。その一方、土木・建築工事のために作成されたデータが多いため、基準ボーリングデータのような層序学的・堆積学的に有用な情報は少なく、既存ボーリングデータだけから地層の対比を行うことは困難です。そこで、基準ボーリングデータを軸として、それらの周辺にある既存ボーリングデータから順に地層の対比を進めていくことで、モデル作成範囲全域における基底面深度データを作成しました。この際、孔口標高、岩相記載の内容などが周辺のデータと著しく異なるような、品質が低いと判断できる既存ボーリングデータについては、地層の対比を行う対象から除外しました。最終的に、今回の3次元地質地盤図の整備では、数万本の既存ボーリングデータについて地層の対比を行いました。

2.3 基底面の推定

続いて、基底面深度データから各地層の基底面の具体的な形状を推定し、基底面の標高値を東西方向・南北方向それぞれについて等間隔に並べた数値標高モデルを作成しました。地層の対比の際に品質の低い既存ボーリングデータを除外しているものの、基底面深度データには、ごく近距離で隣接するようなボーリングデータであっても同じ基底面の深度が数十cmから数mオーダーで食い違うようなケースが多々あります。このような食い違いの原因のひとつとしては、既存ボーリングデータの深度情報の精度が低いことが考えられますが、実際に基底面の形状が大きく変化している場合も多くあるため、一概に間違った深度データとも言えません。そこで、野々垣ほか(2008)による地層境



第3図 東京都区部全域の3次元地質地盤図の可視化例(納谷ほか, 2021).

界推定法を用いて、推定する面の滑らかさとデータの充足度とのバランスを調節しながら、基底面深度データを“ほどよく”満足する面を求めました。具体的には、基底面深度データが示す深度と、基底面深度データのデータ地点における推定面の深度とのズレの平均値がおおよそ1 mとなるような推定処理を行いました。

2.4 基底面の結合

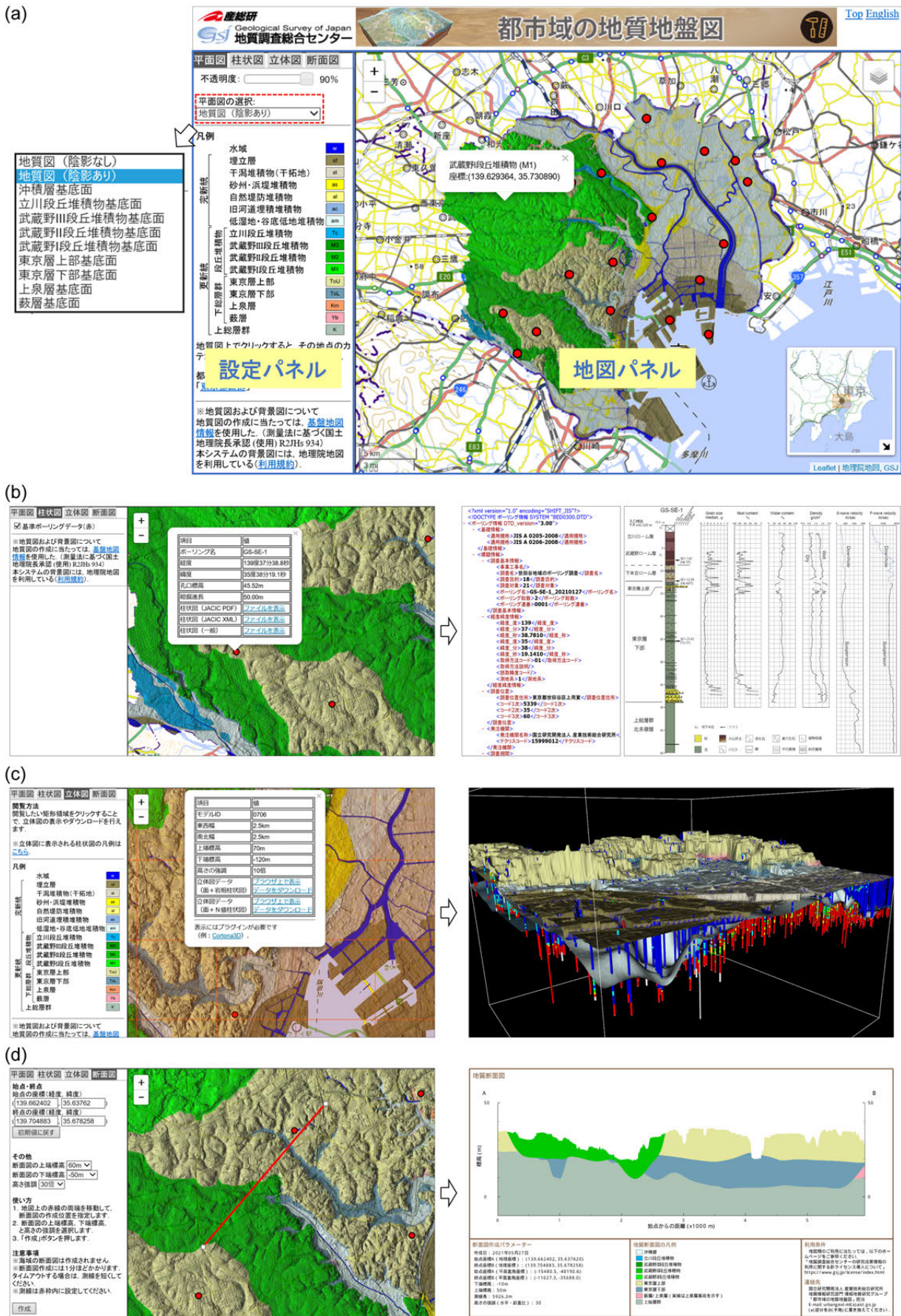
最後に、地層の形成史から得られる基底面同士の切った・切られたの関係性を考慮しながら、各基底面を結合しました。これにより地質モデルの完成です。この地質モデルを地形分類図と統合したものが3次元地質地盤図です。第3図は、今回作成した東京都区部の3次元地質地盤図の可視化例です。南西-北東方向の地質断面図からは、台地の地下に軟弱な泥層からなる東京層下部(納谷ほか, 2021)が分布していることがわかります。なお、第3図に示すような東京都区部全域を表す立体図は、データ容量が非常に大きく、ウェブ上での配信には適しません。このため、後述のウェブサイトでは、この3次元地質地盤図を一定の区画単位に分割した形で配信しています。

3. 公開ウェブサイトの概要

東京都区部の3次元地質地盤図は、2018年3月に公開した千葉県北部の3次元地質地盤図とともに、ウェブサイト「都市域の地質地盤図」(URL: <https://gbank.gsj.jp/urbangeol/> 閲覧日: 2021年6月1日)で公開中です(第4図)。ウェブサイトは、大きく分けて左側の設定パネルと右側の地図パネルから構成されます。設定パネルには「平面図」、「柱状図」、「立体図」、「断面図」という4つのタブがあり、これらを切り替えながら各種情報を閲覧することになります。以下では、各タブの役割を、操作方法や閲覧できる情報などを含めながら簡単に説明したいと思います。

3.1 平面図タブ

平面図タブでは、地図パネルに表示する平面図の切り替えや不透明度の調節を行います。現時点で表示できる平面図は、地質図のほか、上述の地質モデルを構成する基底面の等高線図であり、設定パネルのプルダウンメニューから切り替えることが可能です。また、表示した平面図をクリックすることで、地層名や標高値など平面図



第4図 東京都区部の3次元地質地盤図の公開ウェブサイト (URL : https://gbank.gsj.jp/urbangeol/ja/map_tokyo/ 閲覧日 : 2021年6月1日)
 (a) 地質図およびその属性情報の表示例, (b) ボーリング柱状図とそのメタ情報の表示例 (d) 立体地質図とそのメタ情報の表示例, (d) 地質断面図の作成例.

のもつ属性値を取得できます(第4図(a)).

3.2 柱状図タブ

柱状図タブでは、地図パネルにプロットするボーリングデータを選択します。ただし、現時点でプロットできるのは、GSJが整備した基準ボーリングデータに限られます。地図パネルにプロットされたマーカーをクリックすると、基準ボーリングデータのメタ情報を閲覧できます。また、ボーリング交換用データや層序学・堆積学分野で用いられる堆積柱状図として、実際のデータの閲覧・ダウンロードも可能です(第4図(b)).

3.3 立体図タブ

立体図タブを選択すると、地図パネルにオレンジ色の格子状のセルが表示されます。これらのセル1つ1つは立体地質図の範囲を表しており、それぞれ2.5 km四方の大きさとなっています。セルをクリックすると、ボーリングデータの場合と同様に、立体地質図のメタ情報を確認でき、そこに示されるリンクから立体地質図の閲覧・ダウンロードを行えます。立体地質図では、地層の基底面の形状と合わせて、岩相やN値の違いで色分けしたボーリング柱状図を見ることができます(第4図(c)). ただし、立体地質図の表示には、3Dグラフィックス用のプラグインやソフトウェアが必要となります。

3.4 断面図タブ

断面図タブでは、地図パネルで指定した任意の2地点間を結ぶ測線に沿った地質断面図の作成を行います。タブを選択すると、地図パネルに断面図の測線を示す赤線が表示されます。赤線の両端のマーカーを、断面図を作成する位置に移動し、設定パネルで断面図での高さの強調(縦横比)などを設定後、作成ボタンをクリックすると、地図パネルで指定した位置における断面図を得られます(第4図(d)).

4. おわりに

3次元地質地盤図の特徴は、地質構造の立体表示や断面図作成が可能のため、従来型の紙による都市平野部の地質図と比べて、地質学に馴染みのない人にとっても地層の広がりや理解しやすい点にあります。しかし、現状、立体地質図の表示にプラグインが必要な点やその操作方法が複雑な点など、ユーザビリティに課題が残されています。今後は、3次元地質地盤図の整備範囲を拡大するとともに、公開ウェブサイトのユーザビリティを向上させていくことで、より多くの方々に手軽に地質情報に触れ合っていた

ける環境を提供していければと思います。

謝辞: 東京都土木技術支援・人材育成センターの中山俊雄氏には、東京都区部のボーリングデータをご提供いただきました。記して感謝の意を表します。

文 献

- 国土交通省 (2020) BIM/CIM 活用ガイドライン (案) 共通編. 国土交通省, 125p.
- 国土交通省 (2021a) PLATEAU by MLIT. <https://www.mlit.go.jp/plateau/> (閲覧日: 2021年7月30日)
- 国土交通省 (2021b) i-Construction. <https://www.mlit.go.jp/tec/i-construction/index.html> (閲覧日: 2021年7月30日)
- MacCormack, K. E., Berg, R., Kessler, H., Russell, H. A. J. and Thorleifson, L. H., eds. (2019) *2019 Synopsis of Three-dimensional Geological Mapping and Modelling at Geological Survey Organizations*. AER/AGS Special Report 112, Alberta Energy Regulator/Alberta Geological Survey, Edmonton, 307p.
- 納谷友規・小松原純子・野々垣 進・尾崎正紀・宮地良典・中澤 努・中里裕臣・鈴木毅彦・中山俊雄 (2021) 都市域の地質地盤図「東京都区部」(説明書). 産総研地質調査総合センター, 82p.
- 野々垣 進・塩野清治・升本真二 (2008) 3次B - スプラインを用いた地層境界面の推定. 情報地質, 19, 61-77.
- 産業技術総合研究所 (2015) ボーリング柱状図解析システム ver. 2.2 利用者マニュアル. 産業技術総合研究所, 132p.
- 産業技術総合研究所 (2018) 千葉県北部地域の地下の地質構造を3次元で可視化. https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2018/pr20180329/pr20180329.html (閲覧日: 2021年6月1日)
- 産業技術総合研究所 (2021) ついに完成! 東京都心部の3次元地質地盤図. https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2021/pr20210521/pr20210521.html (閲覧日: 2021年6月1日)

NONOGAKI Susumu, NAKAZAWA Tsutomu, NAYA Tomonori, KOMATSUBARA Junko, MIYACHI Yoshinori and OZAKI Masanori (2021) Urban Geological Map of Central Tokyo — Three-dimensional Geological Modeling Method and Website for Disclosure —.

(受付: 2021年6月1日)