

ボーリングデータを用いた簡易土質ボクセルモデリング

野々垣 進*・升本 眞二**・根本 達也**・中澤 努*・中山 俊雄***

Simple Voxel Modeling of Soil Property using Borehole Data

Susumu NONOGAKI*, Shinji MASUMOTO**, Tatsuya NEMOTO**,
Tsutomu NAKAZAWA**, and Toshio NAKAYAMA***

* 国立研究開発法人産業技術総合研究所 National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan.

E-mail: s-nonogaki@aist.go.jp

** 大阪市立大学大学院理学研究科地球学教室 Department of Geosciences, Graduate School of Sciences, Osaka City University, 3-3-138 Sugimoto, Sumiyoshi-ku, Osaka 558-8585, Japan.

*** 東京都土木技術支援・人材育成センター Civil Engineering Support and Training Center, 1-9-15, Shinsuna, Koto-ku, Tokyo 136-0075, Japan.

キーワード：ボクセルモデル，ボーリングデータ，土質，ボロノイ図

Key words：Voxel model, Borehole data, Soil property, Voronoi diagram

1. はじめに

災害リスク評価や都市計画を行う上で、地下における地層の広がり（地質分布）を把握することは非常に重要である。地質分布を把握する方法のひとつに、3次元地質モデリングがある。都市平野部の地下数十mを対象とする3次元地質モデリングでは、その基礎データとして、ボーリング掘削調査の結果（ボーリングデータ）を利用することが多い（例：納谷ほか，2018）。特に、土質情報や標準貫入試験の結果等は、地質分布に深く関係する空間情報であり、3次元地質モデリングでは、これらの広がりも把握することも非常に重要となる。

近年、都市平野部では、土木・建築工事の際に作成された大量のボーリングデータが、国や自治体により収集・管理・公開されている（例：土木研究所，2019）。このようなデータを利用して土質等に関する3次元モデルを構築すれば、地下における土質等の広がりを概観することが可能となり、3次元地質モデリングに不可欠なボーリングデータを用いた地層の対比処理を、効率化できると考えられる。

本研究では、国や自治体から公開されている大量のボーリングデータの利活用に関する研究の一環として、ボーリング交換用データ（XML形式）に記載される土質情報から、簡易的にボクセルモデルを構築する方法について検討した。本発表では、データ処理の詳細について述べる。なお、ボクセルモデルから得られる土質分布と、実際の地質分布との対応関係については、ここでは詳細な議論を行わない。

2. 方法

本研究における土質ボクセルモデリングでは、「ある地点における土質は、最近傍に存在するボーリングデータの土質に従う」という考えのもと、次の4つの処理を行う。

- (1) モデリング範囲の設定、
- (2) 1次元土質グリッドの作成、
- (3) 2次元ボロノイ図の作成、
- (4) 土質ボクセルモデルの作成。

以下にそれぞれの処理について記す。第1図には、モデリングの流れを示す。

2.1 モデリング範囲の設定

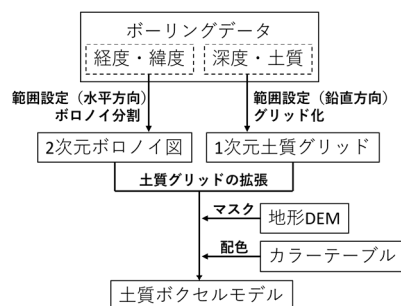
本研究による土質ボクセルモデルは、土質に対応するカテゴリ値を、3次元空間に等間隔で並べたデータセットである。このため、東西・南北・鉛直方向それぞれについて、モデリング範囲とデータ間隔を設定する。

2.2 1次元土質グリッドの作成

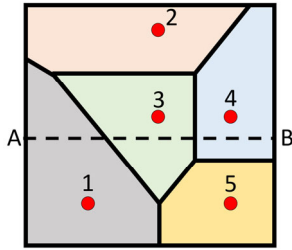
ボーリングデータの土質情報を、鉛直方向のモデリング範囲・データ間隔で読み取り、土質に対応するカテゴリ値を等間隔で並べたグリッドデータ（以下、1次元土質グリッド）を作成する。ボーリングデータの下端標高よりもモデリング範囲の下端標高が低い場合は、土質情報が存在しないため、データ無しに対応するカテゴリ値を割り振る。

2.3 2次元ボロノイ図の作成

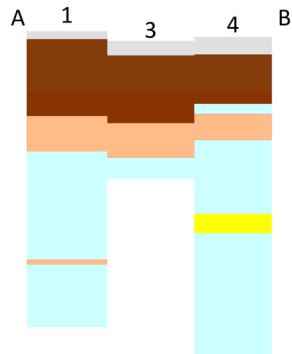
ボロノイ図は、対象としている地点が、任意に配置した母点のうち、どの母点に最も近いかによって領域を分割して得られる図形である（第2図）。ここでは、ボーリングデータの経度・緯度情報を利用して、ボーリングデータの位置を母点とする2次元ボロノイ図を作成する。得られる2次元ボロノイ図は、設定した東西・南北方向のモデリング範囲・データ間隔をもつラスターデータである。



第1図 土質ボクセルモデリングの流れ。



第2図 2次元ボロノイ図の例. 赤丸は母点（ボーリングデータの位置）を表す. 各母点を囲む領域はそれぞれの母点の支配領域を表す. 破線ABは第3図の断面図の測線を表す.



第3図 土質ボクセルモデルの断面図の例. 測線の位置 (AB) およびボーリング番号 (1, 3, 4) は第2図のものに対応する. ボクセルモデルの下端標高は, 各領域を支配する1次元土質グリッドの下端標高に依存する.

2.4 土質ボクセルモデルの作成

ボーリングデータの1次元土質グリッドを, 2次元ボロノイ図に基づいて水平方向に拡張する. また, 地形の数値標高モデル (Digital Elevation Model: DEM) を用いて, 地下のみのデータセットになるようにマスクする. さらに, 土質に対応するカテゴリー値を利用して配色・可視化する. 土質ボクセルモデルの下端標高は, 1次元土質グリッドの下端標高に依存するため, 2次元ボロノイ図に示される小領域毎に異なる値をとる (第3図).

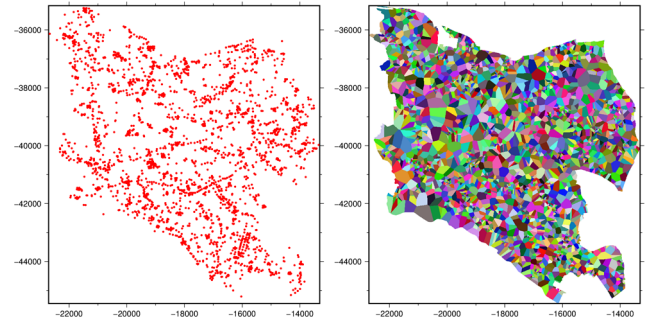
3. 結果

上述に基づいて, ボーリング交換用データ (XML 形式) から, 土質ボクセルモデルを構築するプログラムを作成した. また, テストデータを用いて, プログラムの動作確認を行った. 各種計算パラメータは, 次の通りである:

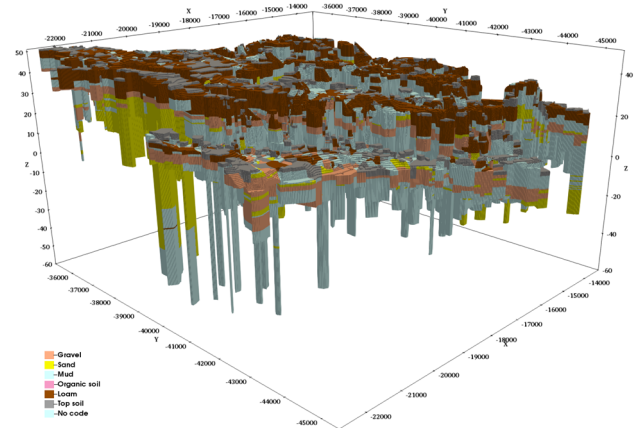
- (1) データ数: 3413本,
- (2) モデリング範囲: 9.4km×10.29km×120m,
- (3) データ間隔: 10m×10m×0.5m.

地形の DEM には, 国土地理院の基盤地図情報数値標高モデル 10m メッシュ (標高) (国土地理院, 2019) を利用した. 計算の空間参照系には, JGD2011 平面直角座標系第9系を用いた. テストデータの利用にあたっては, 東京都土木技術支援・人材育成センターの協力を得た.

第4図に, テストデータの分布図とそこから得た2次元ボロノイ図を示す. 第5図に, 鉛直方向を50倍に強調した土質ボクセルモデルの表示例を示す. 第5図では, 礫や泥などの土質が連続的に分布している様子が明瞭に示されており, ボーリングデータから土質分布を概観できる3次元モデルを構築できていたことを確認できた.



第4図 テストデータの分布図と2次元ボロノイ図.



第5図 土質ボクセルモデルの表示例. 高さの強調: 50倍.

4. おわりに

本研究では, ボロノイ図を利用して, 最近傍のボーリングデータの1次元土質グリッドを水平方向に拡張することで, 簡易的に土質ボクセルモデルを構築する方法について検討した. ボクセルモデルを用いれば, 任意の位置における水平・鉛直断面図を容易に作成できる. この特徴は, 地質分布に深く関係する土質分布の把握や, ボーリングデータを用いた地層の対比処理の効率化に役立つ.

現時点では, ボクセルモデルの各データ点におけるカテゴリー値を, ボロノイ図の各小領域を定める1つのボーリングデータの土質情報にのみ基づいて決定している. このため, 各小領域の境界付近では, 不自然に土質が変化するような結果が出力されることがある. 今後は, この問題を解決するために, 複数のボーリングデータの土質情報を用いて土質分布を求める方法について検討していく予定である.

本研究は JSPS 科研費 19K04004 の助成を受けたものである.

文 献

- 土木研究所 (2019) 国土地盤情報検索サイト「KuniJiban」.
URL : <http://www.kunijiban.pwri.go.jp/viewer/> (確認日: 2019/05/09)
- 国土地理院 (2019) 基盤地質情報ダウンロードサービス.
URL : <https://fgd.gsi.go.jp/download/menu.php> (確認日: 2019/05/09)
- 納谷友規・野々垣 進・小松原純子・宮地良典・中澤 努・風岡 修・潮崎翔一・香川 淳・吉田 剛・加藤晶子・八武崎寿史・荻津 達・中里裕臣 (2018) 都市域の地質地盤図「千葉県北部地域」(説明書). 産総研地質調査総合センター, 55p.