

古地形を考慮した沖積層基底面の推定手法—中川低地を事例として—
花島裕樹・木村克己

**A Method of Estimating Basal Surface of Holocene Based on Old Topography: a
case study of Nakagawa lowland**

Yuki HANASHIMA and Katsumi KIMURA

Abstract: This study is aimed to present a method of surface estimation for basal surface of Holocene in consideration of buried old topography. The borehole database used in this study is from the Borehole Database for Urban Geology Project of AIST, Geological Survey of Japan. Unlike conventional studies of the basal surface of Holocene, cluster analysis and voronoi diagram are used for quantitative verification of estimated surface. The basal surface of Holocene with obvious boundary of old topology surface can be estimated.

Keywords: 沖積層基底面 (basal surface of Holocene), 面推定 (surface estimation), 古地形 (old topography)

1. はじめに

日本の大都市が集中する沿岸平野部は、一般に最終氷期最盛期頃までに陸域の河川侵食によって開析された地形面をその後の海進に伴う海成及び陸成の堆積作用で充填した沖積層が厚く堆積している。このような沖積層は、地下水面下に分布することが多く、未固結で軟弱な地盤を構成するため、建設工事や地震防災などの観点からその正確な分布を把握することが求められている(江藤ほか 2008, 清水 1972)。

一方、ボーリング柱状図の電子化に関わる「土質・地質調査成果電子納品要領(案)」が国土交通省(以下、国交省)により整理され、土木・建築分野では標準的なボーリングデータの交換形式となっている。また、利用可能なボーリング柱状図資料は、これまでも紙資料として作成されてきたが、2000年以降になると、地盤工学会北海道

支部および地盤工学会九州支部・九州地方地盤情報システム協議会らによるボーリングデータベース CD-ROM 版の販売や、土木研究所による Kunijiban, 防災科学研究所によるジオ・ステーションなどの Web 上での公開など、電子化が急速に進展してきている。このような背景のもと、GIS 等による空間補間処理によって地下構造をモデル化する取り組みが進められている。

地下の地層境界のサーフェスモデル作成方法の重要課題の一つに、データ不足をいかに補うかがある。これまでに、木村ほか(投稿中)は、沖積層基底面のサーフェスモデルについて、ボーリングデータの不足補うために、沖積層基底面が示す埋没古地形面の特性を、基底面推定の制約条件とすることで、従来の手法よりも妥当性の高い面推定を行う手法を提案した。しかし、地形面区分とその境界の設定は、手書きの作図によるものであり、定量的な根拠が乏しく、再現性、検証性が低かった。そこで本研究では、ボーリングデータを用いた沖積層基底面の推定を、クラスター分析

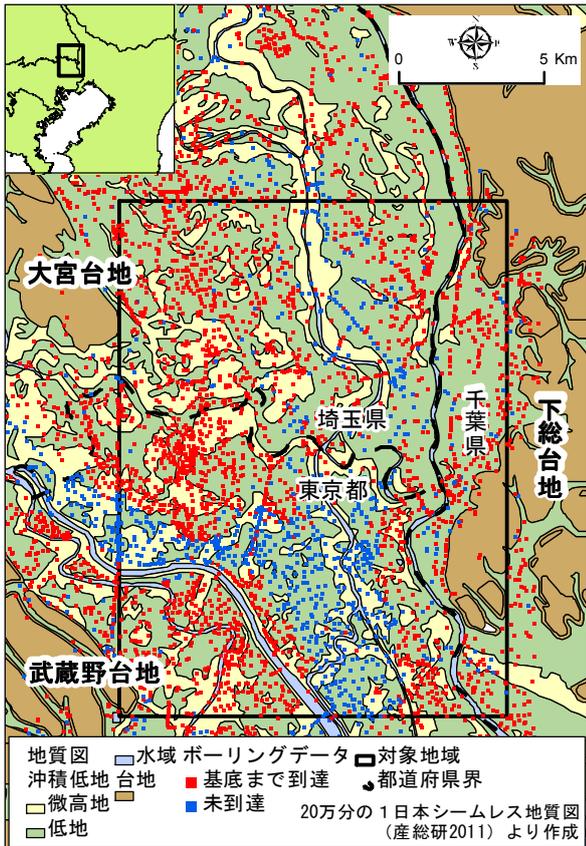


図-1 対象地域の概要

とボロノイ分割などの空間分析手法を援用することで定量的に行うことを目的とする。

2. 対象地域と沖積層基底面

対象とする地域は、関東平野中南部の東京都、埼玉県、千葉県を跨ぐ、東西約 13 km、南北約 18 km 四方の地域である。沖積低地が広い範囲を占め、東に下総台地、北西に大宮台地、南西に武蔵野台地がそれぞれ位置している (図-1)。

一般に、他の地球科学情報とは異なり、地層境界面などの地下地質情報は、その調査の困難さなどのため、観測値は面的に十分でなく、偏在している場合が多い。このような条件において、妥当性のある地下構造を推定するためには、観測値のみならず、関連する学術的知見を考慮する必要がある。対象地域における沖積層基底面については、最深部の基底礫層、やや浅い部分の埋没段丘面、さらに台地を縁取る最も浅い部分に、縄文海進時の波食台の 3 面より構成されることが知ら

れている (遠藤ほか 1988)。それぞれの面は、一定の標高で平坦面を形成し、他の面とは区別されると考えられる。

3. 分析手法

3.1 ボーリングデータ

本研究では、産業技術総合研究所地質調査総合センターの都市地質研究プロジェクト (木村 2004) において作成されたボーリング柱状図のボーリングデータベースを利用し、4604 本 (対象地域内に 2902 本) のボーリングデータを用いた。これらのボーリングデータは、木村ほか (投稿中) において、品質確認を行いボーリング位置の緯度経度や孔口標高などの項目に関して、明らかに不適切であると判断されたデータは修正されている。さらに、全てのボーリングデータに関して、沖積層基底面の標高が設定されている。また、沖積層が厚く堆積している地域に関しては、基底面までボーリングが達していない場合もあるが、それらは、未到達のデータとして区別される (図-1)。

3.2 分析手法

ボーリングデータについて、クラスター分析を行い、各データを空間的位置、基底面標高などの属性値が類似するクラスターに分類した。クラスター分析の結果で得られた各クラスターを、基底面を構成する各古地形面とみなし、対象地域をボロノイ分割で各面の領域を設定した。その後、古地形面ごとについて空間補間処理によって面推定を行い、再度それぞれの推定結果を入力データとして補間処理を行い各古地形面を統合し、全域の基底面の推定を行った。

3.3 クラスター分析

各ボーリングデータについて、x 座標値、y 座標値、沖積層基底面標高、および地盤の固さを示す N 値を入力データとして、典型的な分析手法の一つである k 平均法によるクラスター分析を行った。従って、基底面まで達していないボーリングデータは分析から除外し、3615 点を入力データと

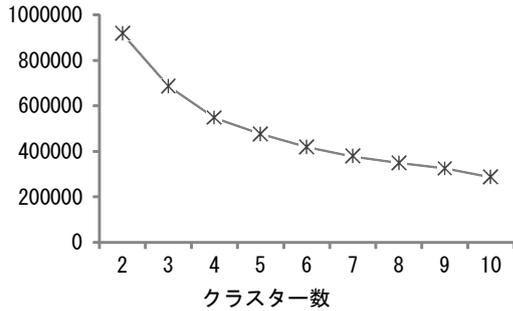


図-2 クラスタ数に対するクラスタ代表点と入力データの距離の総和の推移

した。k 平均法とは、非階層型のクラスタ分析手法の一つであり、あらかじめ設定されたクラスタ数の代表点を与え、各入力データと最近隣の代表点の距離が最小になるクラスタ代表点を求める手法である。ここで、k 平均法における距離とはユークリッド距離を指すため、入力データの分布スケールが大きく影響するため、全ての入力データについて正規化（平均 0、分散 10）を行った。また、本研究では、統計解析向けプログラミング言語 R に実装されている「k-means」を用いた。

クラスタ数に関しては、各入力データとクラスタ代表点との距離の総和の推移が収束し始めた 7 を採用した（図-2）。

3.4 ボロノイ分割

表-1 各クラスタにおける沖積層基底面標高と N 値の平均と標準偏差

クラスタ番号	1	2	3	4	5	6	7	
平均	標高	-47.7	-8.4	-7.2	-9.9	-31.4	-31.8	-7.6
	N値	38.8	19.2	15.5	7.4	20.6	23.1	15.9
標準偏差	標高	8.6	8.2	7.2	5.6	5.8	6.6	6.7
	N値	12.5	11.0	10.0	6.0	13.1	11.9	10.7

クラスタ分析によって分類されたボーリングデータについてボロノイ分割を行い空間的な範囲を設定する（図-3(a)）。このとき、ボーリングデータの密度が低い箇所は、分割領域の面積が大きくなり、領域分割の粒度が低くなる。

ここで、クラスタ分析によって設定された各クラスタは、沖積層基底面を構成する基底礫層、埋没段丘面、波食棚のいずれかであると想定すると、「クラスタ1」に最も標高が低く、N 値が高い特徴が見られることから、基底礫層であると考えられる（表-1）。そこで、クラスタ分析の入力データから除外した基底面まで達していないボーリングデータの内、掘進長が 50m 以上ある 480 本について、基底礫層であるとして、「クラスタ1」に分類し、ボロノイ分割に加え、粒度の高い領域分割を行った（図-3(b)）。

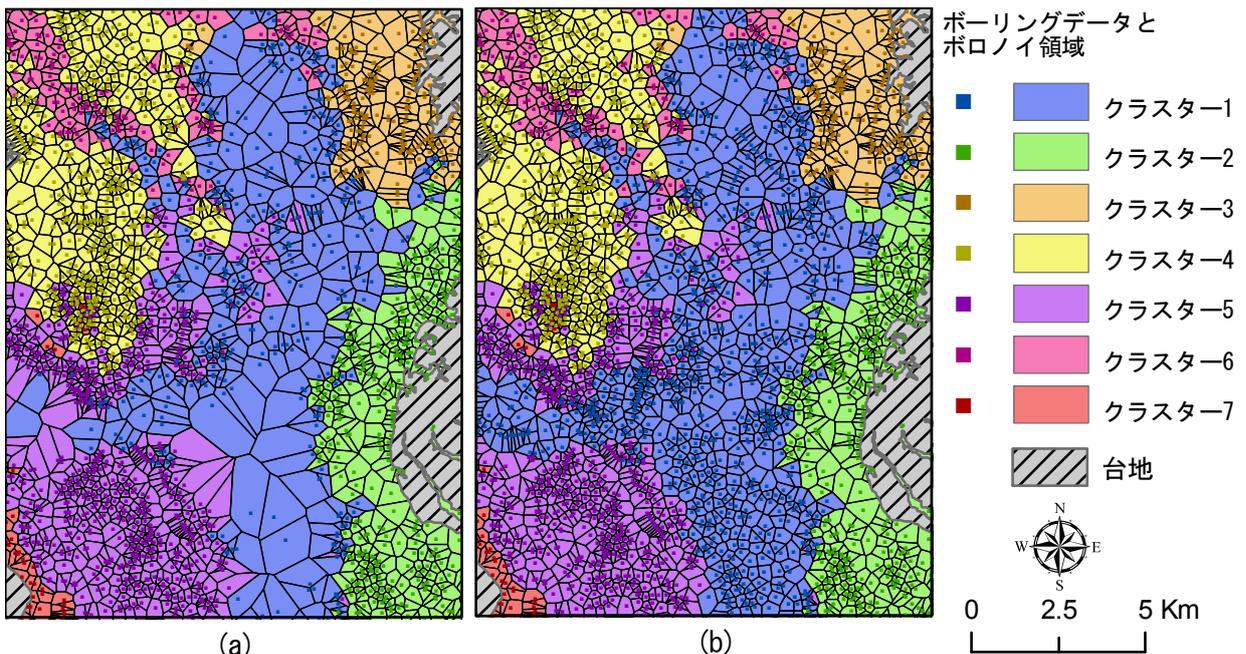


図-3 ボーリングデータのクラスタ分析結果とボロノイ領域

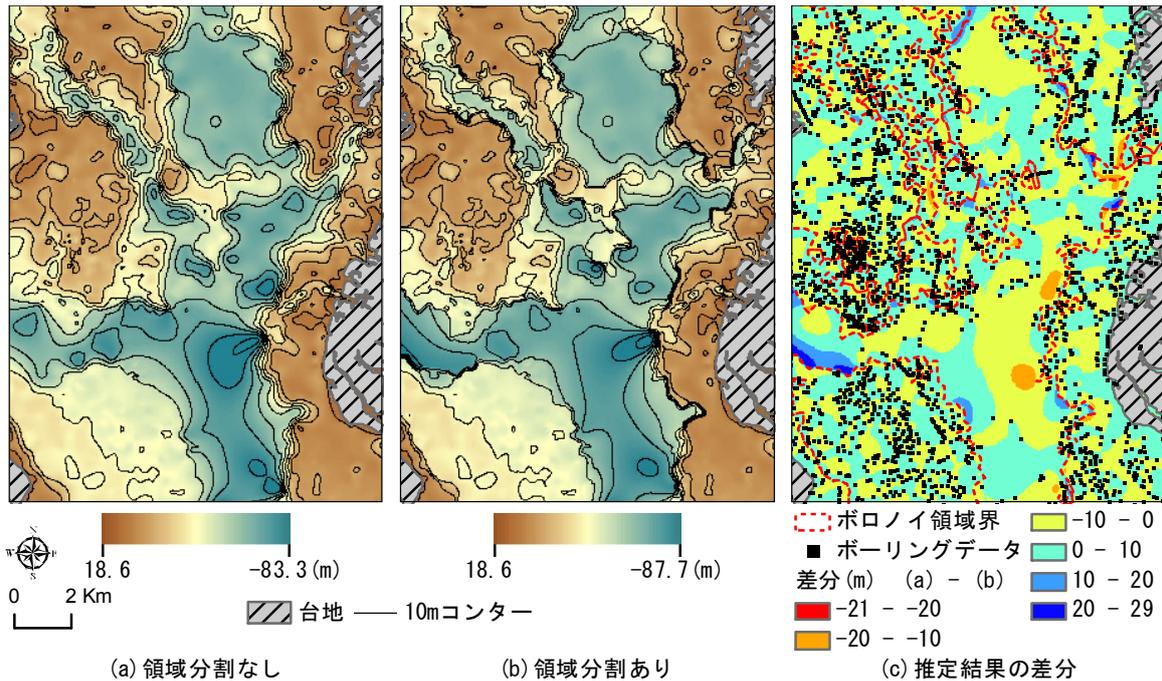


図-4 領域分割の適用における空間補間処理結果の比較

3.5 空間補間処理

本研究では、地質境界面の補間に適したBS-Horizonを用いて空間補間処理を行った(野々垣ほか 2008)。一度の計算によって対象地域全域を補間した結果(図-4(a))と、ボロノイ分割によって得られた領域ごとに空間補間を行い、統合した結果(図-4(b))を比較すると、コンターの間隔が狭まり高低差が明確になった。両結果の差分をみると、分割した領域の境界付近で、補間結果が異なっていることが分かる。

4. おわりに

クラスター分析とボロノイ分割を援用して、ボーリングデータを用いた沖積層基底面の推定手法を提案した。これにより、基底面を構成する古地形面の領域界で明確な高低差を得ることができた。応用的な利用法として、定量的な領域設定であるため、領域間のバッファを調節することで、古地形面間の傾斜(例えば、段丘涯の傾斜)を定量的に設定することができる。また、今後の課題として、クラスター分析の入力データに基底面を構成する土質などの質的変数を導入し、より詳

細な面区分を実現することなどが挙げられる。

参考文献

- 江藤稚佳子・石原与四郎・田辺晋・木村克己・中山俊雄(2008):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, 地質学雑誌, 114, 187-199.
- 遠藤邦彦・小杉正人・菱田量(1988):関東平野の沖積層とその基底地形, 日本大学文理学部自然科学研究所紀要, 23, 37-48.
- 産総研・地質調査総合センター(2011):20万分の1日本シームレス地質図データベース.
- 清水恵助(1972):沖積層の土質工学的性質—とくに東京港地区を例として, 地質学論集, 7, 251-266.
- 木村克己(2004):都市地質研究の展開, 地質調査研究報告, 55, 181-182.
- 木村克己・花島裕樹・石原与四郎・西山昭一(投稿中):ボーリングデータに基づく沖積基底面のサーフェスモデルとその作成方法, 地質学論集.
- 野々垣進・升本眞二・塩野清治(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.