ボーリング柱状図資料を用いた N 値と岩相の 3 次元分布モデルー東京低地北部における沖積層の例ー

Three dimensional models of N-values and lithofacies by using borehole logs: an example of incised valley fills under the northern part of the Tokyo Lowland, central Japan

Abstract

Thick, muddy "Chuseki-so", filling the incised-valley formed until the last glacial maximum, distributes under the Tokyo Lowland, central Japan. Many borehole logs for ground surveys are available as datasets for constructing geological models in this area. In this study, the methods for constructing three-dimensional models of N-values and lithofacies of the Chuseki-so under the northern part of the Tokyo Lowland are examined using a borehole database maintained by the Urban Geology Research Project of the Geological Survey of Japan. The three-dimensional models are constructed by horizontal interpolation of irregularly scattered data of the borehole logs on each altitude and their vertical stacking. The inverse-distance weighting method is used for the interpolation of N-values, and the interpolation of lithofacies is based on the mode values of lithofacies in individual reference ranges. The spatial distributions of the N-values and lithofacies in the three-dimensional model well represent inner structures of the Chuseki-so. In the other words, based on the distributions of the N-values and lithofacies, the spatial distributions of characteristic sediments, such as meandering-channel fills and floodplain deposits, sand spits and transgressive sand shoal deposits are visualized clearly.

Key words: borehole log, Chuseki-so, Holocene, incised-valley fill, three-dimensional model, Tokyo Lowland

江藤稚佳子** 石原与四郎**

田辺 晋*** 木村克己***

中山俊雄****

Chikako Eto **, Yoshiro Ishihara **,
Susumu Tanabe ***, Katsumi Kimura ***
and Toshio Nakayama ****

2007年8月10日受付.

2008年1月24日受理.

* 福岡大学大学院理学研究科
Graduate School of Science, Fukuoka University, 8-19-1, Nanakuma, Jonan-ku, Fukuoka 814-0180, Japan

† 現所属: 朝日航洋株式会社
Present address: Aero Asahi Corporation, 3-1-1, Minamidai, Kawagoe-shi, Sairama 350-1165, Japan

** 福岡大学理学部地球圏科学科
Department of Earth System Science, Faculty of Science, Fukuoka University, 8-19-1, Nanakuma, Jonan-ku, Fukuoka 814-0180, Japan

*** 産業技術総合研究所地質情報研究部門
Institute of Geology and Geoinformation, GSJ, AIST, Central 7, Higashi 1-1-1 Tsukuba 305-8567, Japan

**** 東京都土木技術センター
Civil Engineering Center, Tokyo Metropolitan Government, 1-9-15, Shinsuna, Kouto-ku, Tokyo, 136-0075, Japan

Corresponding author: C. Eto,
etorphine@gmail.com

はじめに

日本の大都市圏の多くは、沿岸河口低地に立地する。そうした低地とその地下には、最終氷期最盛期までに形成された開析谷を充填する沖積層が厚く分布している(井関, 1975)。このような沖積層は、地下水面に分布することが多く、未固結で非常に軟弱であるため、建設工事を実施する際には、その詳細な分布の把握が必要となる。そのため、沖積層が厚く分布する地域では、建設物や構造物の設計・施工に先立って、支持基盤の確定のためのボーリング調査が行われ、数多くのボーリング柱状図が作成・蓄積されてきた。沖積層の層

序は、元来、このような標準貫入試験に伴うボーリング柱状図の資料を用いて検討されてきた(Matsuda, 1974; 遠藤ほか, 1983 など)。しかし、近年では、より詳細な層序の構築を目的としたオールコアボーリングの掘削とその堆積相解析が行われるとともに(遠藤ほか, 1992; 吉川ほか, 1997; 中山ほか, 1999; 中山・中村, 2000; 山口ほか, 2003; 石原ほか, 2004a, b; 田辺ほか, 2006a, b)、ボーリング柱状図資料とこれらのオールコアボーリングから認定した詳細な層序とを対比することで、沖積層の岩相層序・堆積相の時空間的な分布が検討されるようになってきた(三田村・橋本, 2004; 田辺ほか, 2006a; 山口ほか, 2006)。とくに都市域では、開発に伴う

Fig. 1. Distribution of the incised valley under the Tokyo and Nakagawa Lowland (a; modified after Endo et al., 1988) and the distributional density of borehole logs in the study area (b). Thin lines of A-B, C-D and E-F in the study area are traverse lines for cross sections (Fig. 4). The boxes of I, II, and III in the distributional density show the investigated areas for the Fig. 6.

膨大な数のボーリング調査資料が存在するため、沖積層の詳細な地質・堆積モデルの構築が可能である。

関西圏では、深部地下の地盤特性の研究を目的として、30,000本を超えるボーリング柱状図からなる関西地盤調査情報データベースが構築された(関西地盤情報活用協議会, 1998)。そして、このデータベースを利用した地盤の局所的な地質・土質特性の関係や地震による液状化・側方流動についての研究が行われている。三田村・橋本(2004)は、関西地盤調査情報データベースを用いて、大阪平野表層部の沖積層である難波累層の地質断面図を示し、難波累層最下部に相当する礫層の基底標高や沖積層の層厚の分布を明らかにしている。濃尾平野においても、ボーリング柱状図が収集され、地盤図が作成されるとともに、地盤情報や地下水情報、地盤変動などの情報を一元管理する地盤環境情報システムが開発され、地下水の取水管理や地下空間開発のコンサルティングに利用されている(土質工学会中部支部, 1988)。山口ほか(2006)は、濃尾平野における既存のボーリング柱状図と層序ボーリングコアの層相を対比して、沖積層の3次元地質・構造とその発達過程を明らかにしている。東京低地では、1923年の関東地震以降、多くのボーリング調査が実施され、地下の沖積層の分布を示す地盤図が作成された(復興局建築部, 1929; 東京地盤調査研究会, 1959; 東京都土木技術研究所, 1963, 1969; 東京都港湾局, 2001など)。そして東京低地においても近年になって、このようなデータベースを活用して、沖積層の3次元的な分布が表現されるようになってきた(田辺ほか, 2006a)。

一般に沖積層の層序研究や3次元的な地層分布モデルの作成では、個々のボーリング柱状図に対して地層境界の認定を行った後に、それらの空間的な連続性が検討されている。垂直方向のみの情報を有するボーリング柱状図を用いて、地層の3次元的な分布を表現する際には、ボーリング柱状図によって異なる土質区分や層序を対比するための解釈が必要となる。しかし、この過程には、膨大な時間と専門知識を必要とし、モデルの一様性が保証されないという問題点がある(稲崎, 1992)。そこで本研究では、ボーリング柱状図資料の解釈を行わず、N値と岩相を空間補間した、沖積層の3次元地層分布モデルの構築を試みた。そして、N値と岩相の3次元分布モデルと沖積層の模式コアから認定した堆積システムとを対比することで、東京低地の北部を特徴付ける堆積体の形成機構について考察した。なお、本研究の結果の一部は、Eto et al. (2007) で公表されている。

地域概説

下総台地と大宮台地に挟まれ、東京湾に面する東京低地の地下には、最終氷期最盛期までに形成された開析谷が分布し、沖積層はその開析谷を厚く充填している(東京都土木技術研究所, 1969; Matsuda, 1974; 貝塚, 1979; 遠藤ほか, 1988など)(Fig. 1.a)。東京低地の谷地形は、現在の荒川河口付近において、標高-70m・幅約3kmに達し、これらの谷地形を挟んで標高-30~-40mと-20~-30mに埋没段丘が存在する(遠藤ほか, 1983)。東京低地における沖積層は、青木(1969)によって、淡水〜汽水成の七号地層と、それに不

整合を境にして累重する海成～淡水成の有楽町層に二分された。遠藤ほか (1983) は、後に、七号地層を Basal Gravel (BG) を基底礫層とする砂泥互層、有楽町層を Holocene Basal Gravel (HBG) を基底礫層とする主に泥層からなる有楽町層下部層と、砂層からなる有楽町層上部層に細分した。七号地層の N 値は、泥層で 5～10、砂層で 10～30 と高い値を示すのに対し、有楽町層の N 値は、泥層で 0～5、砂層で 10 以下と低い値を示す (東京都土木技術研究所, 1977)。一方、東京低地で掘削されたボーリングコアの堆積相解析、貝化石群集解析、加速器質量分析 (AMS) 法による放射性炭素年代測定の結果では、これらの地域の沖積層は、不整合を伴わない一連の海進・海退によって形成されたことが示されている (石原ほか, 2004b; 中島ほか, 2004; 木村ほか, 2006)。すなわち、東京低地の沖積層は、下位から、網状河川チャンネルで堆積した砂礫層からなる網状河川システムと、蛇行河川チャンネルから氾濫原の環境で堆積した砂泥互層からなる蛇行河川システム、貝化石を含む汽水～海成の砂泥層からなるエスチュアリーシステム、貝化石を含む砂層とその周囲の砂泥互層からなる砂嘴システム、プロデルタからデルタフロントで堆積した砂泥層とデルタプレーンの環境で堆積した砂泥互層からなるデルタシステムで構成されている (木村ほか, 2006; 田辺ほか, 2006a)。

ボーリング柱状図

沖積層の N 値と岩相の 3 次元分布モデルの構築には、独立行政法人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データベースを使用した。このデータベースには、東京都江戸川区から埼玉県三郷市に至るボーリング柱状図の情報が収容されている (田辺ほか, 2005)。各ボーリング柱状図は、基礎地盤コンサルタンツ株式会社の柱状-BASE 形式で管理されている。本研究では、このデータベースのうち、東経 139° 45′ (139.75°) から 139° 54′ (139.9°) (約 13 km)、北緯 35° 42′ (35.7°) から 35° 48′ (35.8°) (約 11 km) の範囲における 2175 本のボーリング柱状図を使用した (Fig. 1.b)。この範囲内では、約 250 m 四方に 1 本の割合で、ボーリング柱状図が選定、数値化されている (田辺ほか, 2005)。また、各ボーリング柱状図については、層序の確立を目的として掘削されたボーリングコア (Fig. 1.a; 石原ほか, 2004b; 宮地ほか, 2004 など) との対比によって、沖積層の基底標高が認定されている (田辺ほか, 2005)。

柱状-BASE 形式で記載されたボーリング柱状図には、次のような情報がプレーンテキストで記述されている。すなわち、調査年月日、ボーリング調査の位置座標、孔口標高、土質区分とその境界深度、色調、貝化石や有機物、腐植物などの有無について記述される記事情報、N 値の測定開始深度と終了深度、N 値およびその貫入深度などである。このうち、本研究で用いた情報は、ボーリングの位置座標、孔口標高、N 値とその測定開始深度と終了深度および貫入深度、土質区分とその境界深度、貝化石・有機物・腐植物等の有無な

どの記事情報である。

研 究 手 法

N 値と岩相の 3 次元分布モデルは、次の処理を経て作成した。すなわち、(1) 柱状-BASE 形式のファイルからの数値情報の抽出とデータベースの再構築、(2) 岩相情報の再区分と数値化、(3) 深度方向に等間隔なデータセットの作成、(4) 水平方向に等間隔なデータセットの作成、である。以下に、これらの詳細を記す。なお、これらの一連の作業は、Microsoft 社の Excel VBA (Visual Basic for Application) のマクロプログラムを作成して行った。

1. 数値情報の抽出とデータベースの再構築

ここでは、N 値と岩相のモデル構築のために、柱状図-BASE ファイルから、ボーリングの位置座標と孔口標高、N 値とその測定開始深度と終了深度および貫入深度、岩相の土質区分とその境界深度を抽出し、これらの情報を一元的に扱えるデータベースとして再構築した。以下に、N 値・岩相とその深度の抽出、データセットの構造とそこへの各種情報の出力について、それぞれ説明する。

標準貫入試験の N 値は、標準貫入試験用サンプラーを地盤に 30 cm 打ち込むのに要する打撃回数のことを指し、通常、深度 1 m 間隔で実施される。そして、土質区分はサンプラーに回収された 30 cm 長のコア堆積物を用いて行われる (N 値の話編集委員会, 1998)。標準貫入試験の N 値は 1 m 間隔で測定されているのに対し、土質境界の分布深度はまちまちである。また、ボーリング柱状図のデータベースでは、N 値や岩相の情報は、それらの得られた深度を基準に書かれているため、それぞれのボーリング柱状図で得られている N 値や岩相の分布深度の精度や空間的な分布が一致していない。そこで、ボーリング柱状図の N 値と岩相は、ボーリング開始深度から標高 1 m ごとに並び替えを行い、両者で深度方向の精度が統一されたデータセットとして出力した。

N 値の抽出に際し、まず、N 値の測定開始深度から、これらの分布標高を計算した。測定開始深度は、一般的に、1 cm 単位で測定されているが、標高に変換する際に、小数点以下となる 1 m 未満の値は切り捨てた。例えば、測定開始標高が -10.2 m 場合には、標高 -10 m で得られた値としている。また、N 値の測定は、30 cm の打撃回数が 50 回に達するとそこで終了されるが、ボーリング柱状図によっては、50 以上まで測定されているものも存在する。本研究では、精度の統一のため、50 以上の N 値はすべて 50 に統一した。

岩相の抽出に際しては、まず、岩相の上下の境界深度から、連続する岩相の深度方向の分布範囲を求めた。柱状-BASE 形式の柱状図では、岩相の下限深度のみが記載されているため、上限深度は、該当する岩相の上位にある岩相境界の深度の値を用いた。最上部の岩相については、地表面から下位の岩相との境界深度までを分布範囲とした。

データセットは、これ以降の等間隔なデータセットの作成のための計算を円滑に行うために、Excel のシートに出力した。具体的には、1 列目に各ボーリング柱状図のファイル名を出力し、行方向に標高を出力することとし、1 行目は再整

Table 1. An example of lithofacies indexes with “raw-descriptions” from borehole data. Capital alphabets in parentheses are soil-classification codes based on the JGS0051.

Lithofacies	Indexes of lithofacies	Raw-descriptions
Gravel	40	Gravel (G)
		Silty gravel (G-F)
		Silty gravel (GS-M)
		Muddy gravel (GFS)
Sand	30	Coarse sand, Medium sand, Fine sand (S)
		Silty sand (S-F)
		Muddy sand (S-F)
Muddy sand / Sandy mud	20	Sandy silt (FS)
		Silty sand (SM)
		Muddy sand (SC)
		Silty sand with shell fragments (SM)
Mud	10	Silt (F)
		Sandy clay (F-S)
		Silt (M)
		Clay (C)

理の基準となる標高を+10 m ～ -60 m まで出力した。そして、各ボーリング柱状図の情報のうち、N 値は、ボーリング柱状図のファイル名と対応する行において、計算した標高と1行目の標高の値が一致する列のセル、岩相は、基準となる標高が計算した上位の境界標高以下で下位の境界標高より大きい列のセルに値を入力した。

2. 岩相情報の再区分と数値化

使用したデータベースにおけるボーリング柱状図の岩相の記載様式は、標準貫入試験を行ったフォアマンによって記載の仕方が異なるため、本研究で扱っただけでも1000種類以上からなる。このため、再構築したデータベースも、この時点ではフォアマンによる「生の岩相記載」であるため、統一した岩相区分での整理が必要となる。さらに、このように数値化されていない文字情報のデータは、データベースでは扱いづらく、何らかの数値情報に置き換えた方が計算に便利であるため(朝日ほか, 1994)、岩相をそれぞれ指数で表した。

本研究では、粒径と粒子の含有量に基づいて、岩相を礫、砂、砂泥、泥の4段階に再区分し、礫が40、砂が30、砂泥が20、泥が10の岩相指数とした。この岩相の再区分の方法は、地盤工学会基準 JGS0051 (地盤材料の工学的分類方法)に基づいている (Table 1)。まず、個々の土質区分の記載から、主体をなす岩相を判断し、礫、砂、泥に大分類した。例えば、土質区分名が礫で終わる細粒分混じり礫は礫、シルト混じり粗砂や粘土質細砂は砂、砂混じりシルトやシルト質粘土は泥に区分される。次に、堆積物中に含まれる各粒子の含有量を記載から判断し、砂と泥から砂泥を区分した。すなわち、「～質」の場合には、混入粒子の含有率が15%以上50%未満、「～混じり」の場合には含有率が5%以上15%未満という基準に従った。その結果、砂の中でも細粒分含有率が多いシルト質砂や、泥の中でも砂の含有率が多い、砂質

シルトが砂泥に区分されることになる。また、貝化石や有機物・腐植物が混じる場合にも、粒子の含有率と同様の基準から、例えば、貝殻混じり砂は砂に区分され、有機質シルトは泥に区分される。

岩相指数への変換は、データセットの構築と同時に行われるように、抽出作業のマクロプログラムに組み込み、作業を自動化している。

3. 深度方向に等間隔なデータセットの作成

構築されたデータセットは、基本的に深度方向へ1 m 間隔の連続的な情報となっている。しかしながら、N 値に関しては、例えばN 値0の自沈粘土などの場合には、1 m 間隔で値が取得されていない場合がある。本研究では、標高1 m ごとに水平方向への補間を行うので、特定の深度におけるN 値の情報の欠落は、3次元分布モデルを作成する上で問題となる。そこで、N 値の情報を持たない深度では、N 値の情報を持つ上下の深度とそれらのN 値に基づき、線形補間を用いてN 値を内挿した。

4. 水平方向に等間隔なデータセットの作成

本研究では、標高1 m ごとに水平方向への補間を行った同じ位置座標を持つデータセットを作成し、これらを垂直方向に積み重ねることで、3次元分布モデルを構築した (Fig. 2)。空間的に不規則に分布する情報を補間する場合には、一般に3次元補間を行う場合が多い (Cohen, 2005; Rühaak, 2006 など)。しかし、沖積層の場合、N 値や岩相は垂直よりも水平方向への連続性が高く、補間のために参照する範囲を決定する回転楕円体は著しく水平方向に伸びたものになることが予想されることなどから、上述したような方法を用いた。標高1 m ごとのデータセットの補間の精度は、N 値と岩相ともに、東西および南北方向に約50 m (0.0005°) 間隔で、東西に300、南北に200の計60000の等間隔グリッドとして設置した。以下に、補間方法の詳細を述べる。

グリッドノードにおける値の補間は、各グリッドノードの補間計算に用いる値の検索・指定と、それらの値からの補間値の推定という手順で行われる。補間に用いる値を検索する方法としては、データの参照範囲の指定と8分割法を行い、参照するデータの中の異常値の除去を行った後に、N 値の場合には逆距離加重 (IDW) 法 (Franke, 1982) で得られた値、岩相の場合には最頻値を用いて補間を行った。

データの参照範囲 (R; Fig. 2.b) は、グリッドノードを中心に約1 km (0.015°) とした。検討範囲では、基本的に250 m 四方に1点のボーリング柱状図があるので、補間の際にどの場所においても複数の点をもとに内挿でき、なおかつあまりにも遠いボーリング柱状図は参照しないことになる。8分割法 (Fig. 2.b) は、各グリッドノードを中心にして参照範囲における北を基準に8方位に区分し、それぞれ分割された領域ごとに近隣点を決定する。8分割法では、8つの方向で近隣点を検索するため、特定の方向に密集したボーリング柱状図だけを参照することがなく、補間結果に対する方向のバイアスを避けることが可能である。一方、一定の参照範囲の8つに分割されたすべての領域において、近隣点が存在する可能性は少ないと考えられる (張, 2001)。そこで、グリ

ッドノードを中心に北を基準として 4 分割したとき、これらのすべての領域内に少なくとも 1 点ずつのデータが含まれる場合にのみ、近隣点を決定し、補間を行った。十分にボーリング柱状図を含む検討範囲の中央部では 8 分割法での近隣点検索が有効となる場合が多い。計算では、8 つに分割された各領域で最も近いものから 2 点を選択することとし、8 つの領域を合わせて最大 16 点が用いられる。これらの計算に用いる近隣点の中で、平均からのずれが大きい異常値は、補間の計算から省いた。実際には、すべての近隣点を対数変換した上で平均値を求め、それぞれの値と平均値との差が大きいものから 10 % を計算から省いている。このとき、N 値 0 に関しては 0.1 に置き換えて計算している。

N 値の補間に用いた IDW 法は、加重平均による補間方法で、各グリッドの中心点であるグリッドノードとその周囲のボーリング柱状図の距離により重み付けされる。この方法では、各グリッドノードに配置される N 値は、より近傍のボーリング柱状図の N 値に影響される。グリッドノードの値 (Z_j^n) は、次式で求められる。

$$Z_j^n = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{Z_i}{D_{ij}^\beta}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{D_{ij}^\beta}}$$

このとき、 D_{ij} はグリッドノードとその近隣のボーリング柱状図の間の距離 (Fig. 2.b)、 Z_i は近隣のボーリング柱状図の N 値、 β は重み付けの係数である。 β は任意の値で、この値が大きくなるほど、より近傍のボーリング柱状図の値がグリッドノードの値に与える影響が強くなる。本研究では、重み付け係数 β は、基本的に 2 とするが、近隣点の検索時に参照範囲を 4 分割した各領域の平均値を比較し、それらの値の差が著しく大きい場合 (4 倍以上) には、 β を 3 に変化した。これにより、N 値の値が急激に変化する場所では、補間するグリッドノードに近い点が強く反映されることになる。例えば、埋没谷の谷壁と埋没谷充填堆積物の境界付近では、前者が N 値 50、後者が 5 以下となる場合があるが、このときには β が大きくなることで、補間値はより近傍のボーリング柱状図に依存した値を示すことになる。その結果、それらの境界が数多くのボーリング柱状図で平均化されるのを回避することができる。

N 値は連続的に変化する値だが、岩相指数は任意に与えたものであるため同一の方法では補間することはできない。そこで、岩相の補間では、参照範囲内に存在する岩相の頻度を検討し、その中で最も多い岩相指数をグリッドノードの値とした。岩

(←) **Fig. 2.** Schematic diagram of constructing a three-dimensional model. (a) Randomly distributed borehole logs in three-dimensional space with model-constructing areas (stacked squares). (b) Selection of data points for calculations using an eight-sector search. In this search, up to the two nearest points are selected in each octant according to the distances between a grid node and data points. (c) Stacked two-dimensional models with extra datasets. (d) A completed three-dimensional model by cut at the base of Chuseki-so.

相の補間においても、N 値の場合と同様に、それぞれのグリッドノードを中心にした 0.015° の参照範囲から近隣点を検索した。そして、岩相指数の最頻値は、8 分割法により各領域で最大 2 点の近隣点から決定した。岩相指数の頻度分布が二峰分布を示す場合、便宜的に岩相指数が大きなものを最頻値としたが、実際の補間結果では、岩相指数の小さなものを最頻値とした場合と明瞭な違いが認められない。

以上のような手順で補間を行うと、沖積層の分布しない領域においても値が推定されるため、沖積層の分布範囲以外の補間結果をモデルから省く必要がある。そこで、各ボーリング柱状図から得られている基底標高（田辺ほか、2005）に基づき、沖積層の基底分布モデルを作成し、沖積層以外の情報を省いた（Fig. 2.c, 2.d）。沖積層の基底分布モデルは、それぞれのボーリングで得られている基底標高について、N 値と同様に IDW 法を用いて補間し、N 値や岩相の 3 次元分布モデルの座標と対応する等間隔なデータセットとして作成した。その後、この基底分布モデルに基づき、グリッドの各座標において、基底標高以深の値を 3 次元分布モデルのセットから省いた。一般的に、埋没谷中軸部におけるボーリング調査は、建築物の支持基盤となる N 値 50 以上の砂礫層からなる基底礫層へ到達すると終了するため、実際には沖積層の基底礫層の下位の境界の情報は得られていないことが多い（田辺ほか、2005）。田辺ほか（2005）では、埋没谷中軸部における沖積層基底標高を、基底礫層の上面と定義している。本研究ではこれに基づき、沖積層の埋没谷中軸部では、基底礫層の上面までを沖積層とし、基底礫層以深を 3 次元分布モデルから省いている。一方、N 値と岩相のモデルは、ボーリング柱状図の情報を平均化することで構築したモデルであるのに対し、基底分布モデルは、ボーリング柱状図の対比により、任意に認定された情報に基づいている。従って、基底分布モデルによって沖積層の基底以深を省いた 3 次元分布モデルにおいては、沖積層の境界部分の一部に礫層の分布が認められることがある。

結 果

本研究では、東京低地の沖積層の N 値と岩相の 3 次元分布モデルを、水平方向への補間を行ったデータセットを垂直方向に積み重ねることで構築した。構築された 3 次元分布モデルは、それぞれ東西方向に約 13 km、南北方向に約 11 km で、その精度は深度方向に 1 m 間隔、水平方向に約 50 m 間隔である。

一般に、浅層地質構造の 3 次元分布モデルを作る際には、N 値、岩相、貝化石の有無、色調などを総合的に解釈して地層境界を認定する場合が多い。一方、本研究では、N 値や岩相の等値面や境界面の認定と対比は行わず、空間的に連続する岩相・物性モデルとして構築している。後から N 値や岩相を組み合わせた任意の条件で境界が抽出できる。ここでは、N 値や岩相の平面的な分布と層序的な変化を表現するために、平面図および断面図を作成した。いずれも、N 値と岩相の分布はよく対応する。以下に、それぞれの断面によって示される N 値と岩相の分布を述べる。なお、ここでは、

岩相区分された泥、砂泥、砂、礫に関して、それぞれ泥層、砂泥層、砂層、礫層として説明する。

1. N 値と岩相の平面分布

N 値と岩相の平面図について、それぞれ標高 - 10 m から - 50 m まで、10 m 間隔で示す（Fig. 3）。地層の分布や連続性が水平方向に良好な沖積層は、水平断面によって N 値や岩相の空間的な分布を表現することができる。沖積層の N 値と岩相の分布は、深度とその分布域によって傾向が異なり、標高 - 30 m 以浅では、主に N 値 0 ~ 4 程度の泥層が卓越するのに対して、標高 - 30 m 以深では N 値 20 以上の砂層の割合が増す（Fig. 3）。さらに、中川流域と荒川流域では、沖積層の岩相とその分布形状に違いが認められた。以下に、標高 - 10 m から - 50 m における N 値と岩相の分布を説明する。

標高 - 10 m では、検討範囲の東側、すなわち下総台地沿いに砂層と砂泥層が分布するのに対し、それより西側では主に泥層が広く分布する。荒川流域では、幅 2 km、長さ 5 km の砂泥層の分布が認められる。N 値は、砂層が分布する地域において 10 ~ 30 を示す以外は、広範囲でほぼ 2 以下を示す。

標高 - 20 m では、広範囲に泥層が分布するが、検討範囲の東側では下総台地の縁から北西方向へ延びる幅 1 km、長さ 3 km の砂層の分布が認められる。また、荒川流域では、砂泥層が幅 3 km、長さ 6 km で分布する。岩相の分布は、標高 - 10 m における分布様式と類似しているが、標高 - 20 m では、下総台地の縁の砂泥層の分布領域が減少し、代わりに泥層の分布範囲が増加している。N 値の分布は、おおかた岩相の分布とよく対応しており、下総台地から延びる砂層の分布が N 値 10 ~ 30、荒川流域の砂泥層が N 値 4 ~ 10 を示す。泥層はおおよそ N 値 4 以下を示す。

標高 - 30 m における沖積層は、検討範囲北西部の埋没段丘の標高より深いため、標高 - 20 m 以浅にくらべて、荒川流域の沖積層の分布範囲が減少する。岩相は、中川流域では主に砂泥層が分布し、一部、台地の縁などに砂層が散在する。一方、荒川流域では、幅 1 km、長さ 10 km 程度の砂層が北西・南東方向に伸び、その周りに泥層が分布する。N 値の分布は、中川流域と荒川流域とで全く異なり、中川流域では 4 ~ 10、低いところでは 4 以下を示すのに対して、荒川流域では砂層・泥層ともに N 値が大きく、20 ~ 30 を示す。砂層の一部は N 値 40 以上を示す。

標高 - 40 m における沖積層は、中川流域では幅約 5 km、荒川流域では幅約 2 km で分布する。岩相は、標高 - 30 m 以浅と異なって主に砂層と泥層が分布し、砂泥層の割合が急激に減少する。中川流域では、一部に砂泥層が点在し、荒川流域では、そのほとんどが砂層である。N 値は、主に 20 以上を示すが、とくに、荒川流域では 40 以上に達するところも認められる。中川流域に点在する泥層の一部では N 値 10 前後を示す。

標高 - 50 m における沖積層の分布は、中川流域の南側にのみ認められ、岩相は主に泥層で、砂層と砂泥層が点在する。N 値は、全体的に泥層で 10 ~ 30、砂で 40 以上を示す。

2. N 値と岩相の垂直方向への分布様式

沖積層の N 値と岩相の断面図は、東西方向に 2 断面（測線 A-B: 北緯 35.77°, 測線 C-D: 北緯 35.75°）、南北方向（測線 E-F: 東経 139.77°）に 1 断面作成し、これらの測線と近いボーリング柱状図と対比した。ボーリング柱状図は、断面の測線から 500 m (0.005°) 以内に存在する柱状図を同一断面上に投影することで示されている。投影した柱状図は、沖積層の基底標高に基づき、沖積層以外の情報を省いたものである。以下に、各断面における N 値と岩相の分布について説明する。

(1) 測線 A-B 東西断面 A-B の測線を含む南北にそれぞれ 500 m の範囲内には、304 本のボーリング柱状図が存在する。この測線沿いにおける沖積層の基底は、主に標高 -50 m ~ -40 m 前後で、東側では標高 -20 m 前後まで浅くなり、下総台地へと至る（田辺ほか, 2005）。これと対応する岩相断面では、沖積層基底の標高 -50 m ~ -30 m にかけては、砂層と泥層が分布している。標高 -30 m 以浅では、東経 139.80° ~ 139.85° にかけて、砂泥層から厚い泥層へと上方細粒化の傾向を示し、泥層は層厚が 10 m 以上で、側方へ連続的に分布する。また、標高 -5 m から地表面にかけては、層厚 3 m 前後の側方へ連続的な砂層が分布する。N 値断面では、標高 -50 m ~ -30 m にかけては、主に 20 以上の高い値を示し、とくに砂層の N 値は 40 以上に達する。それに対して、標高 -30 m 以浅の泥層と砂泥層の N 値は 10 前後から 4 以下へと減少し、0 ~ 2 の低い N 値の分布が 10 m 以上続く。標高 -5 m から地表面にかけて、再び N 値が増加し 4 ~ 10 を示すようになる（Fig. 4）。

ボーリング柱状図と構築した 3 次元分布モデルの N 値と岩相の分布を比較すると、標高 -30 m 以深における岩相の層厚 2 ~ 5 m 前後の変化が、3 次元分布モデルでよく表現されているが、とくに -40 m においては、泥層の割合が若干多く表現されているように見える。

(2) 測線 C-D 東西断面 C-D の測線を含む南北にそれぞれ 500 m の範囲内には、242 本のボーリング柱状図が存在する。この測線沿いにおける沖積層の基底は、断面の東側の中川流域の最も深いところで -50 m に達し、下総台地へ向かって浅くなる（田辺ほか, 2005）。断面の西側（東経 139.83° 以西）では、沖積層の基底は標高 -30 m 前後で、西に向かうにつれて基底の標高が浅くなり、-20 m に達する。岩相断面では、沖積層基底の標高 -50 m ~ -30 m にかけては、砂層と泥層が分布している。標高 -30 m 以浅では、断面の中央部から西側にかけては、砂泥層とその上位に層厚 10 m 以上の泥層が分布するが、東側では、層厚 20 m 程度の厚い砂層が分布する。標高 -5 m から地表面にかけては、層厚 5 m 程度の砂層が側方へ連続的に 5 km 以上広がっている。N 値断面では、沖積層基底の標高 -50 m ~ -30 m 以深に分布する砂層で 40 以上、泥層で 10 ~ 30 を示す。標高 -30 m ~ -5 m では、断面の中央部から西側にかけて分布する砂泥層と、その上位の泥層が N 値 4 以下を示すのに対して、東側に分布する砂層は、N 値 20 ~ 30 を示す。この砂層の N 値は、標高 -30 m ~ -20 m にかけて増加し、

その後、上方へ値が減少する。標高 -5 m から地表面にかけて分布する砂層は N 値 4 ~ 10 を示す（Fig. 4）。

ボーリング柱状図と N 値・岩相断面を比較すると、岩相断面は、ボーリング柱状図における岩相の分布とよく対応しており、地表面下 5 m 程度で側方へ連続的な砂層や、その下位に分布する層厚 10 m 以上の泥層の分布がよく表現されている。N 値断面も、ボーリング柱状図における N 値の分布と対応しており、標高 -30 m ~ -5 m での、側方への値の急激な変化が表現されている。また、東経 139.80° 以西では、ボーリング柱状図の分布密度が、それより東にくらべて若干少ないものの、N 値と岩相ともに、空間的な分布が推定されている。

(3) 測線 E-F 南北断面 E-F の測線を含む東西にそれぞれ 500 m の範囲内には、160 本のボーリング柱状図が存在している。この測線沿いにおける沖積層の基底は、最も深いところで標高 -45 m に達し、その南側では、北緯 35.74° 以南で標高 -10 m 以浅になり、武蔵野台地に接する。断面図の北側では、沖積層の基底は、北緯 35.78° 以北で標高 -25 m 前後になる。岩相断面では、沖積層基底の標高 -45 m ~ -25 m にかけて、砂層と砂泥層が分布している。一方、標高 -25 m 以浅には、主に砂泥層が分布しており、北緯 35.78° 以北の基底標高が -30 m 前後になる地域では、層厚 10 m 以上の厚い泥層の分布が認められる。また、一部の地域では、地表面直下に層厚 3 m 程度の砂層が側方へ 2 km ほど分布している。N 値断面では、標高 -40 m ~ -25 m に分布する砂層で N 値 40 以上、砂泥層で N 値 20 ~ 30 の高い値を示す。標高 -20 m 以浅では、N 値は、10 以下を示すが、沖積層の基底標高が -10 m 以浅の地域では、30 以上を示す（Fig. 4）。

ボーリング柱状図と N 値・岩相断面を比較すると、岩相断面では、砂泥層の割合が大きくなっており、標高 -25 m 以浅の泥層の分布が過小に表現されているように見える。

考 察

本研究では、東京低地における約 2000 本のボーリング柱状図を用いて、N 値と岩相の水平方向へ等間隔なデータセットを作成し、それらを積み重ねることによって、沖積層の 3 次元分布モデルの構築を行った。本章では、(1) ボーリング柱状図を用いた 3 次元分布モデルの構築方法と (2) N 値・岩相分布から推定される堆積体の形成機構、について議論する。

1. ボーリング柱状図を用いた沖積層の N 値と岩相の 3 次元分布モデルの構築方法

沖積層の 3 次元分布モデルは、一般的に、ボーリング柱状図の岩相や N 値の対比に基づいて、地層境界の等値線を作成する（Matsuda, 1974; 遠藤ほか, 1983; 遠藤ほか, 1992; 三田村・橋本, 2004; 山口ほか, 2006 など）。しかし、この方法では、地層境界の認定基準が異なるため、対比の結果に個人差が生じるという問題点がある（稲崎, 1992）。また、N 値の分布に関しては、ボーリング柱状図の N 値情報を用いた工学的特徴の抽出手法の検討を目的として、同一標高における

Fig. 3. Horizontal distributions of N-values and lithofacies of the Chuseki-so, based on the constructed three-dimensional models under the northern part of Tokyo Lowland. Intervals of the horizontal sections are 10 m in altitudes.

Fig. 4. Borehole logs projected to the lines of A-B, C-D and E-F in the Fig. 1 (a: N-values, c: lithofacies), and cross sections of N-values (b) and lithofacies (d) based on the three-dimensional models along those lines.

2 次元的な分布の推定は行われているが (小池ほか, 1994), その詳細な 3 次元分布モデルが構築された例はない. 本研究における 3 次元分布モデルは, ボーリングデータベースからの数値情報の抽出と, 数値的な補間による深度方向および水平方向へ等間隔なデータセットを作成によるため, 地層の 3

次元分布モデルの構築において, 客観性や再現性を保つことが可能になる. さらに, N 値と岩相のそれぞれの 3 次元分布モデルを統一された位置座標の等間隔データセットとして構築することにより, 地震時の液状化や強震動の被害予測といった応用研究に直接用いることができるという利点がある.

また、データセットからモデルを構築する作業が自動化されているため、例えば補間の重み付け指数 β を変化させた複数のモデルを構築することも容易である。

ボーリング柱状図の情報をもとに 3 次元的なモデルを構築する際には、一般的に 3 次元空間での補間が用いられるが (Cohen, 2005; Rühaak, 2006 など)、本研究では、この方法を用いず、同一標高における 2 次元平面上で補間を行った。手法の章において述べた通り、ほぼ水平に堆積している沖積層の場合、側方への N 値や岩相の連続性と垂直方向への連続性に著しい違いが認められるため、2 次元平面上での補間とその累積によって、地層の形成機構を反映した、より自然な結果が得られる。Fig. 5 に、東京低地の北部における沖積層の N 値の垂直方向と水平方向への非類似度とその標本バリオグラムを示す。この図は、Fig. 1 の中川と荒川の開析谷軸部に分布するボーリング柱状図の垂直方向、標高 -20 m における水平方向の非類似度とその標本バリオグラムについて示したものであり、N 値と岩相の空間的距離に対する連続性を表す。垂直方向の非類似度の分布は、距離の増加とともに非類似度が増加する集団と距離が増加しても非類似度が低いままで一定の集団に分かれる。非類似度の低い集団は、谷の中央部では、標高 -30 m 以浅に N 値 0 ~ 5 を示す厚い泥の分布が原因であると考えられる。このように、厚い堆積体の分布が見られるところでは、距離が増加しても非類似度の増加が認められず、垂直方向への連続性がよいと考えられる。一方で、標高 -30 m 以深では、層相変化が激しく、深度が深くなるに従い、急激に N 値が変化するため、非類似度が増加する。したがって、標本バリオグラムは、距離の増加に伴って増加する。標高 -20 m における水平方向の非類似度の分布では、距離が増加しても非類似度と標本バリオグラムは増加せず、ばらつきも認められない。空間的距離に対する非類似度の分布を比較すると、水平方向の非類似度は明らかに小さく、垂直方向に比べて、水平方向への連続性がよいことがわかる。そのため、3 次元空間での補間を行う際には、その連続性を考慮して、補間のための参照範囲を垂直方向にくらべて水平方向へ著しく広げる必要がある。ところで、N 値は、開析谷の中軸部などの沖積層が広く分布する地域において類似するが、開析谷の谷壁近くになると、沖積層の基盤、崖錐堆積物の影響、または堆積物の粗粒化によって、系統的に大きくなる場合がある。この場合には、谷の中央部から谷壁に向けて非類似度が増加すると考えられる。そのため、単純に参照範囲内の N 値を平均化してモデルを作ると、谷壁付近で N 値が大きく見積もられることになる。本研究では、8 分割法と IDW 法を用いることで、この影響を最小限におさめるようにした。

ボーリング柱状図を用いて構築した沖積層の N 値と岩相の 3 次元分布モデルは、標高 -30 m 以浅では、N 値と岩相の分布がよく対応しており、広範囲に厚く分布する N 値 5 以下の泥層の分布を可視化している (Fig. 3)。一方で、標高 -30 m 以深では、急激に N 値が大きくなるとともに、岩相の分布が複雑になるため、構築された岩相の 3 次元分布モデルでは、ボーリング柱状図と比較して岩相の分布の割合が

Fig. 5. Variogram clouds (dotted marks are variograms along vertical direction and crossed marks are variograms at altitude of -20 m) and semi-variograms (thin lines) of N-values at the axis of the incised valley.

異なる場所も認められる。N 値や岩相の側方への連続性は、堆積体や分布標高によって異なる。したがって、深度ごとに補間の参照範囲や重み付けの検討を行う必要があると考えられる。

2. N 値・岩相分布から推定される堆積体とその形成機構

ボーリング柱状図を用いて N 値と岩相の 3 次元分布モデルを構築することにより、東京低地の地下に分布する沖積層の空間的な分布様式が明らかになった。東京低地の地下には、主に標高 -30 m 以深では N 値 10 ~ 30 を示す泥層と N 値 40 以上の砂層、標高 -30 m 以浅では N 値 4 以下の厚い泥層と砂泥層もしくは N 値 20 ~ 30 を示す砂層が分布し、N 値 20 ~ 30 の砂層は下総台地の西縁において特徴的に見られる。また、荒川流系の標高 -20 m 付近には、北西・南東方向に伸長する N 値 4 ~ 10 の砂泥層が認められる (Fig. 3)。堆積システムを特徴付ける堆積体が認められる地域において、N 値と岩相の 3 次元分布モデルの各標高における頻度分布を示し、ボーリングコアから推定される堆積システムと比較する (Fig. 6)。

標高 -30 m 以深における N 値の高い層相は、主として七号地層もしくは蛇行河川システムおよびエスチュアリーシステム、そして、標高 -30 m 以浅における N 値の低い層相は、主として有楽町層もしくはエスチュアリーシステムおよびデルタシステムの堆積物に相当する (青木, 1969; 木村ほか, 2006)。蛇行河川システムは河川チャネル砂層と氾濫原泥層の互層から構成されるが故に水平方向に複雑な岩相と N 値の変化を呈すると考えられる (Fig. 4)。構築した 3 次元分布モデルの蛇行河川システムに相当する標高 -47 ~ -46 m, -42 ~ -39 m においては砂層が卓越しており、30 以上の高い N 値を示すのに対し、-60 ~ -48 m, -45 ~

Fig. 6. Frequency distributions of N-values and lithofacies of the three-dimensional models in the areas of I, II and III (Fig. 1).

43 m においては泥層が卓越し、N 値が 10 ～ 30 を示す (Fig. 6. I)。また、デルタシステムに相当する標高 - 25 m 以浅では、N 値 4 以下、とくに標高 - 20 m 以浅では N 値 2 以下の泥層と砂泥層から構成される (Fig. 6. II)。

このような七号地層と有楽町層の N 値の違いは、他の地域の沖積平野においても認められ、七号地相当層が“よく締まった沖積層”、有楽町相当層が“軟弱な沖積層”とされる由縁となっている (N 値の話編集委員会, 1998)。その一方、有楽町相当層に着目した場合、一般に、N 値は粒度特性と密接な関係が見られる (N 値の話編集委員会, 1998)。田辺ほか (2006a) は、これを応用し、N 値の垂直変化を粒度の垂直変化と見立てることによって、ボーリングコアから認定した堆積相と N 値断面を対比し、東京都葛飾区付近における堆積相の時空間分布を復元した。その結果、葛飾区付近の標高 - 20 m 以浅に分布する厚い砂層は、奥東京湾口の恒流によって、約 7000 ～ 3000 年前に形成された砂嘴堆積物であることが明らかになった。この砂嘴堆積物は、Fig. 2 の標高 - 20 m と - 10 m、そして Fig. 3 の C-D 断面においても北西方向に伸長する N 値 10 以上の砂層として確認される。この地域では、構築した 3 次元分布モデルにおいて、標高 - 30 m 以浅に泥層の分布がほとんど認められず、N 値 10 以上の砂層が大部分を占めている (Fig. 6. I)。

また、Fig. 2 の標高 - 20 m、荒川流域において北西・南東方向に分布する N 値 4 以上の砂泥層は、Fig. 3 の E-F 断面において、標高 - 25 ～ - 15 m の N 値が 20 から 4 に減少する砂泥層に相当する。構築した 3 次元分布モデルの頻度分布では、泥層と砂泥層からなり、上方へ泥層の割合が増すとともに、N 値がほとんど 2 以下となる (Fig. 6. III)。この層相は、東京都足立区本木地区において掘削したボーリングコア堆積物 (GS-AMG-1; Fig. 1.a) においても認められ、上方深海化する潮汐の影響した浅海性堆積物 (AMG5) と解釈されている (田辺ほか, 2006b)。この堆積物は、約 8000 年前の海水準の上昇に伴って形成されており、層厚が約 2 m の上方粗粒化するシルト層～シルト質砂層が複数回累重することで構成されている。また、多くの再堆積した貝化石を含み、有機物の含有量が上方に向かって減少することから、河口の前進ではなく、海進に伴う再堆積によって形成された砂州を形成していた可能性がある。そして、このような砂州の集合体が北西・南東方向の砂泥層を構成したと考えられる。

ま と め

産業技術総合研究所で整備されたボーリング柱状図のデータベースを用いて、東京低地に分布する沖積層の N 値と岩相の 3 次元分布モデルの構築方法の検討を行い、構築した 3

次元分布モデルから堆積システムを特徴付ける堆積体の可視化を試みた。

沖積層の N 値と岩相の 3 次元モデルは、東京低地に分布する約 2000 本のボーリング柱状図を用いて、(1) ボーリング柱状図の数値情報の抽出とデータベースの再構築、(2) 岩相情報の再区分と数値化、(3) 深度方向に等間隔なデータセットの作成、(4) 水平方向に等間隔なデータセットの作成の手順で構築した。その結果、深度方向に 1 m 間隔、水平方向に約 50 m 間隔の沖積層の N 値と岩相の 3 次元分布モデルが構築された。

沖積層の N 値と岩相の 3 次元分布モデルを構築することで、堆積システムを特徴付ける堆積物の分布が可視化され、蛇行河川システムの河川チャネルと氾濫原堆積物、東京都葛飾区付近における砂嘴堆積物、荒川流系の海進期の砂州堆積物が明瞭かつ空間的に示された。

謝 辞

本研究を行うにあたって、独立行政法人土木研究所の稲崎富士博士および中西利典博士には資料の検討方法やモデルの構築手法に関して、有益な助言をいただいた。ここに、記して感謝の意を表します。

文 献

- 青木 滋, 1969, 東京低地の第四紀層について. 日本地質学会第 76 年 学術大会シンポジウム「海岸平野」資料集, 15-20.
- 朝日秀定・弘原海 清・塩野清治, 1994, ボーリング記録における土質名の数量化と地盤区分. 情報地質, **5**, 211-221.
- 張 長平, 2001, 空間情報システムを用いた空間データ分析. 古今書院, 194p.
- Cohen, K. M., 2005, 3D geostatistical interpolation and geological interpolation of paleo-groundwater rise on the Holocene coastal prism in the Netherlands. In Giosan, L. and Bahattacharava, J. P. eds., *River Deltas-Concepts, Models, and Examples*. SEPM Special Publication, no.83, 341-364.
- 土質工学会中部支部, 1988, 最新名古屋地盤図. 名古屋地盤図出版会, 487p.
- 遠藤邦彦・関本勝久・高野 司・鈴木正章・平井幸弘, 1983, 関東平野の《沖積層》. アーバンクボタ, **21**, 26-43.
- 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. 日本大文理自然科学研究所紀要, **23**, 37-48.
- 遠藤邦彦・印牧もところ・中井信之・森 育子・藤沢みどり・是枝若菜・小杉正人, 1992, 中川低地と三郷の地質. 三郷市史編纂委員会編, 三郷市史, 36-111.
- Eto, C., Ishihara, Y., Tanabe, S., Kimura, K. and Nakayama, T., 2007, Three-dimensional models of lithofacies and N-values of alluvial deposits obtained using borehole logs: An example of the latest Pleistocene to Holocene incised-valley fills in northern part of the Tokyo Lowland, central Japan. *Jour. Sediment. Soc. Japan*, **64**, 9-13.
- Franke, R., 1982, Scattered data interpolation: test of some methods. *Mathematics and Computation*, **38**, 181-200.
- 復興局建築部, 1929, 東京及横浜地質調査報告. 144p.
- 稲崎富士, 1992, 地中情報の利用技術の開発, 地下空間の利用技術の開発報告書, 第 2 分冊. 建設省, 219-256.
- 井関弘太郎, 1975, 沖積層基底礫層について. 地質雑, **84**, 247-264.
- 石原与四郎・木村克己・田辺 晋・中島 礼・宮地良典・堀 和明・稲崎富士・八戸昭一, 2004a, 埼玉県草加市柿木地区で掘削された沖積層ボーリングコア (GS-SK-1) の堆積相・堆積物物性と放射性炭素年代. 地質調査研報, **55**, 183-200.
- 石原与四郎・木村克己・中島 礼・宮地良典・田辺 晋・中山俊雄・斎藤文紀, 2004b, 東京低地と荒川低地で得られた 3 本のボーリングコアの堆積相と放射性炭素年代: DK コア (江東区新砂), TN コア (足立区舎人公園), HA コア (東綾瀬公園). 地質調査研報, **55**, 221-235.
- 関西地盤情報活用協議会地盤研究委員会, 1998, 新関西地盤—神戸および阪神間—. 関西地盤情報活用協議会, 270p.
- 貝塚爽平, 1979, 東京の自然史 (増補第二版). 紀伊国屋書店, 239p.
- 木村克己, 2004, 巻頭言: 都市地質研究の展開. 地質調査研報, **55**, 181-182.
- 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, 2006, 東京低地から中川低地に分布する沖積層とシーケンス層序と層序の再検討. 地質学論集, no.59, 1-18.
- 小池克明・土井英太郎・大見美智人, 1994, N 値情報に基づく工学的特徴の抽出. 情報地質, **5**, 129-142.
- Matsuda, I., 1974, Distribution of the recent deposits and buried land-forms in the Kanto Lowland, Central Japan. *Geographical Report of Tokyo Metropolitan University*, **9**, 1-36.
- 三田村宗樹・橋本真由子, 2004, ボーリングデータベースからみた大坂平野難波累層基底礫層の分布. 第四紀研究, **43**, 253-264.
- 宮地良典・木村克己・石原与四郎・田辺 晋・中島 礼・堀 和明・中山俊雄・斎藤文紀, 2004, 東京都江戸川区小松川地区で掘削された沖積層ボーリングコア (GS-KM-1) の堆積相・堆積物物性と放射性炭素年代. 地質調査研報, **55**, 201-219.
- 中島 礼・木村克己・宮地良典・石原与四郎・田辺 晋, 2004, 東京都江戸川区小松川と埼玉県草加市柿木において掘削した沖積層ボーリングコアから産出した貝化石群集. 地質調査研報, **55**, 237-269.
- 中山俊雄・中村正明・松延隆志, 1999, 江東地区における沖積層の層相と速度層構造. 平 11. 都土木技研報告, 179-189.
- 中山俊雄・中村正明, 2000, 江東区枝川地区における沖積層の層相と土質特性. 平 12. 都土木技研報告, 191-202.
- N 値の話編集委員会編著, 1998, N 値の話. 理工図書, 188p.
- Rühaak, W., 2006, A Java application for quality weighted 3-d interpolation. *Computers and Geosciences*, **32**, 43-51.
- 田辺 晋・石原与四郎・江藤稚佳子・中西利典・木村克己・中山俊雄・八戸昭一, 2005, 東京低地から中川低地における沖積層の 3 次元堆積モデル. 日本地質学会第 112 年学術大会講演要旨, 197.
- 田辺 晋・中島 礼・中西利典・石原与四郎・宮地良典・木村克己・中山俊雄・柴田康行, 2006a, 東京都葛飾区における沖積層の堆積相と堆積物物性: 奥東京湾口の砂嘴堆積物の時空間分布. 地質調査研報, **57**, 261-288.
- 田辺 晋・中島 礼・中西利典・木村克己・柴田康行, 2006b, 東京都足立区本木地区から採取した沖積層ボーリングコア堆積物 (GS-AMG-1) の堆積相と放射性炭素年代, 物性. 地質調査研報, **57**, 289-307.
- 東京地盤調査研究会, 1959, 東京地盤図. 技報堂, 114p.
- 東京都土木技術研究所, 1963, 東京都地質図集 1. 東京都土木技術研究所, 91p.
- 東京都土木技術研究所, 1969, 東京都地盤地質図 (23 区内) —東京都地質図集 2—. 東京都土木技術研究所.
- 東京都土木技術研究所, 1977, 東京都総合地盤図 I —東京都地質図集 3—. 技報堂.
- 東京都港湾局, 2001, 新版 東京港地盤図. 89p.
- 山口正秋・須貝俊彦・藤原 治・大森博雄・鎌滝孝信・杉山雄一, 2003, 濃尾平野ボーリングコア解析に基づく完新統の堆積過程. 第四紀研究, **42**, 335-346.
- 山口正秋・須貝俊彦・大上隆史・藤原 治・大森博雄, 2006, 高密度ボーリングデータ解析に基づく濃尾平野沖積層の 3 次元構造. 地学雑, **115**, 41-50.
- 吉川周作・佃 栄吉・三田村宗樹・中川康一・水野清秀・東脇愛子・片岡香子・高橋 誠, 1997, 大阪市天王寺区夕陽丘 600 m ボーリングコアの岩相・火山灰層序. 地調月報, **48**, 661-672.

(要 旨)

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 次元分布モデルー東京低地北部における沖積層の例ー. 地質雑, 114, 187–199. (Eto, C., Ishihara, Y., Tanabe, S., Kimura, K. and Nakayama, T., 2008, Three dimensional models of N-values and lithofacies by using borehole logs: an example of incised valley fills under the northern part of the Tokyo Lowland, central Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, 114, 187–199.)

東京低地の地下には, 最終氷期最盛期までに形成された開析谷とそれらを充填する沖積層が分布している. 本研究では, 東京低地北部のボーリング柱状図を用いて, 沖積層の N 値と岩相の 3 次元分布モデルの構築方法を検討し, 構築したモデルの分布から, 堆積システムを特徴付ける堆積物の空間的な分布を明らかにした. 3 次元分布モデルは, 不規則に分布するボーリング柱状図の情報を 2 次元平面上で補間し, 補間により作成された等間隔なデータセットを深度方向に積み重ねることで構築した. N 値と岩相の 3 次元分布モデルは, 蛇行河川システムの河川チャネル堆積物と氾濫原堆積物, 砂嘴堆積物, 海進期の砂州堆積物といった堆積体の分布を示している.