

表層地盤の電子地盤図作成について

Building of the Representative Soil Profile Model (RSPM)

三村衛¹⁾, 山本浩司²⁾, 安田進³⁾, 藤堂博明⁴⁾
Mamoru Mimura, Koji Yamamoto, Susumu Yasuda, Hiroaki Todo,

- 1) 京都大学防災研究所 准教授 (京都府宇治市, mimura@geotech.dpri.kyoto-u.ac.jp)
Kyoto University Disaster Prevention Research Institute, Associate Professor
- 2) 財団法人 地域 地盤 環境 研究所 主席研究員 (大阪市西区立売堀 4-3-2, yamamoto@geor.or.jp)
Geo-Research Institute, Head Researcher
- 3) 東京電機大学理工学部建設環境工学科 教授 (埼玉県比企郡鳩山町石坂, yasuda@g.dendai.ac.jp)
Tokyo Denki University, Professor
- 4) 基礎地盤コンサルタンツ株式会社 海外事業部長 (東京都千代田区九段北 1-11-5, todo.hiroaki@kiso.co.jp)
Kiso-Jiban Consultants Co., Ltd., General Manager Overseas Division

「全国電子地盤図」の構想は、平成 18 年度に科学振興調整費研究「統合化地下構造データベースの構築」の分担研究として、地盤工学会が実施した「表層地盤情報データベース連携に関する研究」の中で提起された。これは、地盤情報活用における学術的な視点の重要性を思慮した上での起案であり、全国的に地盤情報（データベース）の「連携」を行うための基本スキルの一つでもある。今回の電子地盤図は、既存の地盤調査情報（生データ）と学術的地盤情報を融合し、各地域における 250m 区画毎の浅層地盤の代表的地盤情報を全国統一基準でモデル化するものである。この地盤情報の集積とそのための活動を介して、全国の地盤情報の連携に寄与することを目的とする。

本文では、地盤工学会本部委員会による全国電子地盤図作成支援システムの開発と、地盤工学会関西支部と KG-NET・関西圏地盤研究会共催の「全国電子地盤図作成検討委員会」による大阪平野地盤を対象に行った電子地盤図作成のパイロット・スタディーについて紹介する。

表層地盤, 地盤情報, データベース, 連携, 電子地盤図
subsurface ground, geotechnical information, database, collaborative linkage, representative soil profile model,

1. はじめに

半世紀近く前より、「地盤図」と一般に称される地域の地盤特性を解説した書籍が多数、発刊されている。それらは地域における地盤研究の成果であり、多量のボーリングデータ等より地域の地盤特性（地層構成や土質特性など）を抽出し、地域の地盤像を詳しく解説している。つまり、地質学、地盤工学、地球物理学等の視点から、それ自体は無味な地盤調査データ（生データ）をヒントに、地域地盤の成り立ちを解釈して全体的または局所的に存在する地域の地盤特性の抽出を行ったものである。そして、「地盤図」の多くには、ボーリングデータ資料（紙上に集積された柱状図集等の地盤情報；アナログ・データベース）が収録されている。

1980 年代に入り、コンピュータの技術・能力が急速に進展する兆しが見え始めた頃より、地盤調査データをコンピュータ化（本来のデータベース化）する取り組みが各方面で始まった。この「地盤情報データベースの構築」は、いわばコンピュータ上に展開される「ボーリングデータ集」（デジタル・データベース）である。さらに、1995 年兵庫県南部地震以降には、地震防災検討における地盤情報の重要性に鑑み、各機関・組織が新規に地盤情

報データベース化に取り組み、各地域において相当量の地盤情報が電子データとして集積されるに至っている。

平成18年度に始まった「統合化地下構造データベースの構築」の研究（文部科学省科学振興調整費）¹⁾は、それらの分散する地盤情報データベースを統合・連携し、地震ハザード評価等の全国的な活用に資するための体制作り（統合化、連携）を目的に掲げている。この研究に参画した(社)地盤工学会は「表層地盤情報データベース連携に関する研究」を分担し、同委員会（委員長：安田進東京電機大学教授）で検討を重ね、「全国電子地盤図」の構築を提起した^{2),3)}。その背景には後述するように全国的連携における障壁を回避するという意味もあったが、何よりも、単なる「生データ」の集合体である地盤情報データベースを単に連携することで地盤情報活用の将来的発展に十分に寄与するのか？ という自問もあった。すなわち、かつて先人達が「地盤図」の作成に尽力したように、地盤に関わる研究者・技術者の専門家集団である地盤工学会の取り組みとしては、「生データ」を学術的に解釈して「知識データ」のレベルに洗練した地盤情報を生成し、それを提供・連携することが望ましいと考えられた。それが「全国電子地盤図」構想の根底である。

現時点で提案し、取り組む「電子地盤図」の内容は、既存の地盤調査情報（生データ）と過去から蓄積されてきた学術的知見をもとに、各地域における250m区画毎の浅層地盤の代表的な地盤情報を全国的統一基準でモデル化するものである。

本文では、地盤工学会本部委員会による「全国電子地盤図作成支援システム」の開発と、地盤工学会関西支部とKG-NET・関西圏地盤研究会共催の「全国電子地盤図作成検討委員会」（委員長：三村衛京都大学准教授）による大阪平野を対象に行った電子地盤図作成のピロット・スタディー⁴⁾、⁵⁾について紹介する。

2. 全国電子地盤図の背景²⁾

なぜ全国電子地盤図を作るのか？ この背景として、平成18年度の研究で各データベースを直接連結する場合の問題点が明らかになった。つまり、既に先行地域で構築されたデータベースは、構築システムやデータの内容が多様多岐に渡るため、単純に連結する事が困難であり、連結できたとしても、データの利用が困難である。利用者にとって利用しやすい全国規模のデータベース連携とするには生データの解釈や品質が一定の基準で統一化されている事が必要である。また、連携された地盤情報の公開についても、先行地域で構築されてきたデータベースや後発地域で構築中のデータベースのデータは所有権・著作権の問題があり、公開に対する制約がデータ提供者からつけられているものも多く、現時点で公開が自由な地盤情報データベースは多くない。これに対し、各地のデータベースのデータを利用して作成する「電子地盤図」には、個別データの所有権や著作権の問題は発生せず、しかも、データベースを連結したことと同様な成果が得られ、さらに信頼できるデータを用いて地層の解釈を行うなど、利用者にとってはより使いやすい情報を提供するシステムである。

「全国電子地盤図」の意義については、それが全国の都市域の表層（主に沖積層）を対象とした地盤モデルであり、対象範囲・対象深度が重複する一部の箇所を除いて、他機関が作る深部構造や深層の地盤モデルと連携して容易に補完関係をなすことができる点にある。また、全国電子地盤図が作成されると、地盤工学研究者にとっては、全国の地盤概況を広域で把握することができ、堆積環境の類似する同時代堆積物の工学的特性を比較することが可能となる。さらに、地盤工学実務者にとっては、全国の地盤概要が即時に検索可能となり、計画構造物に対する地盤工学上の問題点の把握や地盤調査計画立案が容易になる。一般人にとっては、地盤概況を把握することから土地や家屋の購入等にあたって専門家のアドバイスを受けやすい。また、小中学生が郷土の地形・地質を学習する際に地盤の知識も容易に得られ、更には地盤災害に対する啓発にも役立てることができる。

3. 電子地盤図の作成方法

3.1 作成方針

「全国電子地盤図」は、250m区画（地域標準4分の1メッシュ）における深さ100m程度よりも浅い地盤（いわゆる沖積層や洪積層の上部）の地盤特性を全国統一基準でモデル化したもの（250m区画毎の代表的な表層地盤情報）の集合体である。この地盤情報は、各地域に構築されている地盤調査・試験データベース等の個別の地盤情報から、250m区画毎に地盤データを抽出し、地質学的・土質工学的解釈を加えて作成する。作成方針は、以下のとおりとした。また、図-1に構築フローを示す。

【作成方針】

- ・地盤工学会の各支部または地域活動で構築された地盤情報データベースを利用して、基礎データとする。
- ・地域の地盤研究活動の成果（解釈された地盤情報）を付加し、250m区画毎の代表的な地盤情報を抽出する。
- ・地盤モデルの作成支援システム（ツール）を開発し、各地域の電子地盤図作成に提供する。モデルの作成方法や共通仕様の適正を確認するために、代表地域でケーススタディーを実施する。各地域へ適用する段階で、地域地盤の特徴に応じた機能の改善・追加を行う。
- ・以上による各地域の電子地盤図（電子地盤モデル）を連携し、全国電子地盤図を構築する。

3.2 作成方法（支援システムの機能）

電子地盤図の作成には、「全国電子地盤図作成支援システム」（以下、「支援システム」という）の機能を用いる。システムには、KG-NET・関西圏地盤研究会（KG-R）等の研究活動で培われた地盤情報処理技術⁶⁾、⁷⁾を導入した。電子地盤図の作成方法を以下に述べる。

(1) モデル化対象層の設定

図-2に地盤モデル化対象層の設定手順のイメージを示す。対象とする地層の境界はボーリング1本毎に設定する。設定手順の詳細は、以下のとおりとした。

【設定手順】

- ①地域地盤研究による地層同定情報（「地盤図」の地質断面図の情報もその一つ）を参照し、地盤モデル作成の対象とする地層を設定する。イメージ図の断面上には沖積相当層と洪積層の境界が青い線で示されている。
- ②モデル化は浅層の軟弱な堆積層（地層）を対象とする。この堆積層は、一般に「沖積層」と呼ばれることが多いが、モデル化では厳密な年代区分（地層同定）での「沖積層」を対象とする必要はなく、工学的に軟弱な地層部（沖積相当層）を対象に考える。ただし、地域毎に地盤特性には特徴（違い）があるので、各地域でモデル化の対象層を検討したうえで、本部委員会の中で地域間の整合を図る。
- ③支援ツールの断面・分布図の表示機能を用いて設定状況を確認しながら、以上の作業を繰り返す。

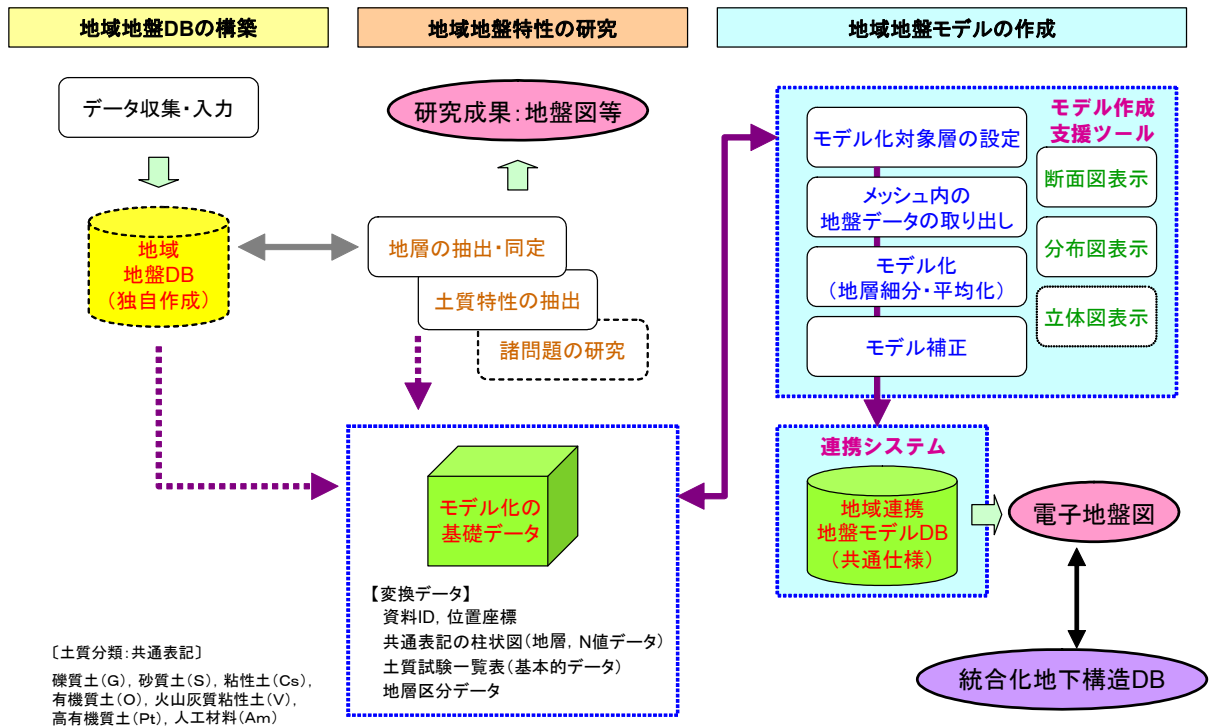
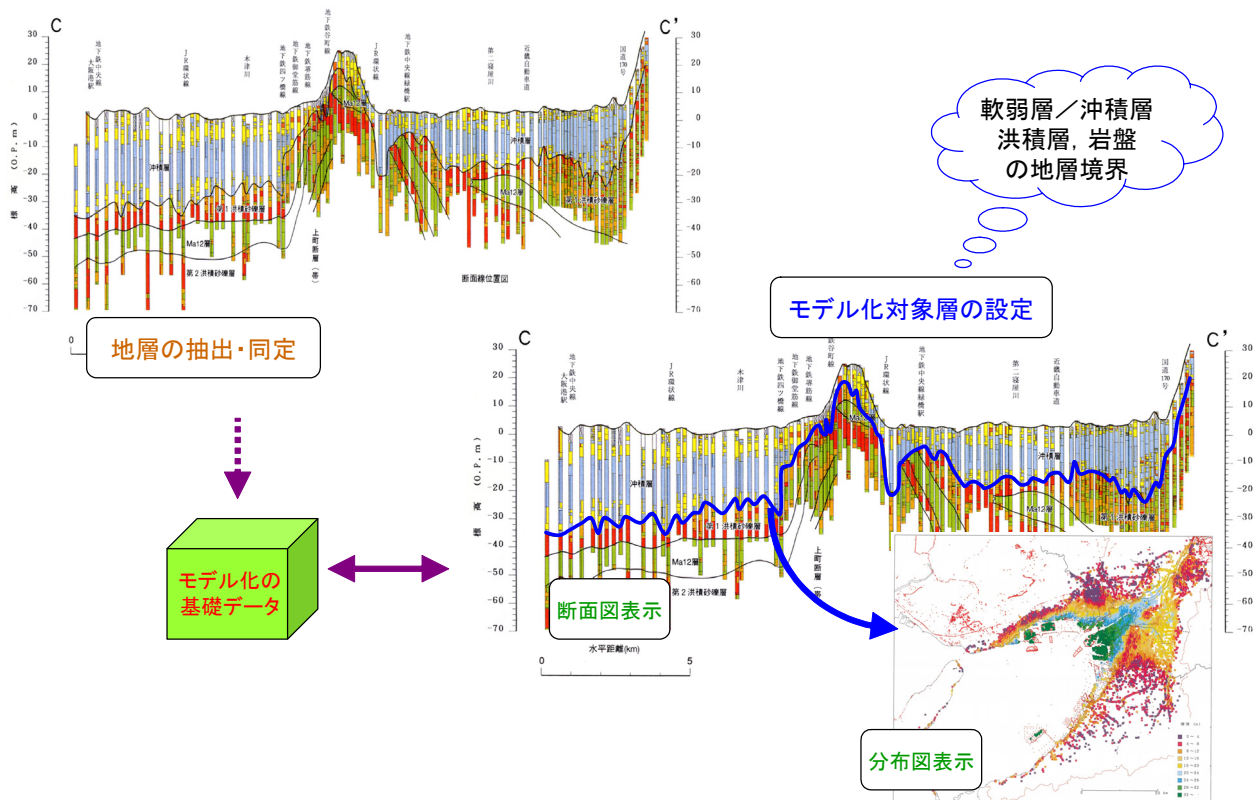


図-1 全国電子地盤図の作成フロー



(2) 250m 区画地盤モデルの作成

図-3に、250m区画毎の地盤モデルの作成手順（イメージ）を支援システムの操作画面上に示す。地盤モデルは、250m区画（1メッシュ）毎に基礎データ（地盤情報データベースから提供された柱状図データなど）を取り出し、ボーリングデータ1本毎の品質などを吟味して、モデル化に用いるボーリングデータを選別する。この選別したデータをもとに構築支援システムの機能を用いて地盤モデルを作成する。さらに、作成したモデルの空間的な整合性を確認しながら修正・更新を繰り返す。この結果は、データベースに追記・編集する。この作成手順の詳細は、以下のとおりである。

【地盤モデルの作成手順】

- ①250m区画のメッシュ分割は、国土地理院の地域標準4分の1地域メッシュ（約250m四方）とする。
- ②各250m区画に対する基礎データの取り出しは、支援ツールを用いてメッシュの枠線とボーリング地点を画面上に表示し、マウス操作で指定する範囲内や1点毎のデータを指定して取り出す。そのボーリングデータは、ボーリング柱状図断面として表示され、モデル化の対象とする地層境界線が併記される。
- ③このデータ群よりモデル化に適さないデータの削除と対象層の境界（範囲）の補正を行って、地盤モデルを生成する。モデル化は深度方向に地層を2mに細分して各細分層の代表土質（分布数が多い土質）を抽出し、

その土質のN値や土質試験値を平均してモデルの値とする。図右下に地盤モデルの空間イメージを示す。

- ④なお、メッシュに対するボーリングデータの数と分布には粗密と偏りがあり、空白の場所もある。またメッシュ内で地盤条件が大きく変化する場所もある。このような場所のモデル化は、基礎データの選別で補助的に地質図等を参照することや、判断の個人差を抑制するために選別方法にルールを設ける（4.に後述）。
- ⑤地盤モデルのデータはデータベースに集積し、DB連携システムを用いて運用する。

以上の一連の作業を支援する機能が、支援システムには備えてある。不足する機能は、今後も順次整備する。

【地盤モデルの統一基準】

地盤モデル化の基礎データは、各地域で構築されている地盤情報データベースのボーリングデータより、モデル作成に必要な情報のみを編集して用いる。

また、地域地盤には堆積層等に特徴（違い）があるので、全国统一基準の地盤モデルを作成するために、共通仕様を設けた。たとえば、土質名については、全国電子地盤図としては地域固有の名称を全国で統一するために、土質試験法「地盤材料の分類名と現場土質名の対応」を参照して、礫質土（G）、砂質土（S）、粘性土（Cs）、有機質土（O）、火山灰質粘性土（V）、高有機質土（Pt）、人工材料（Am）の7種類の分類とした。その他の事項については、文献3）を参照されたい。

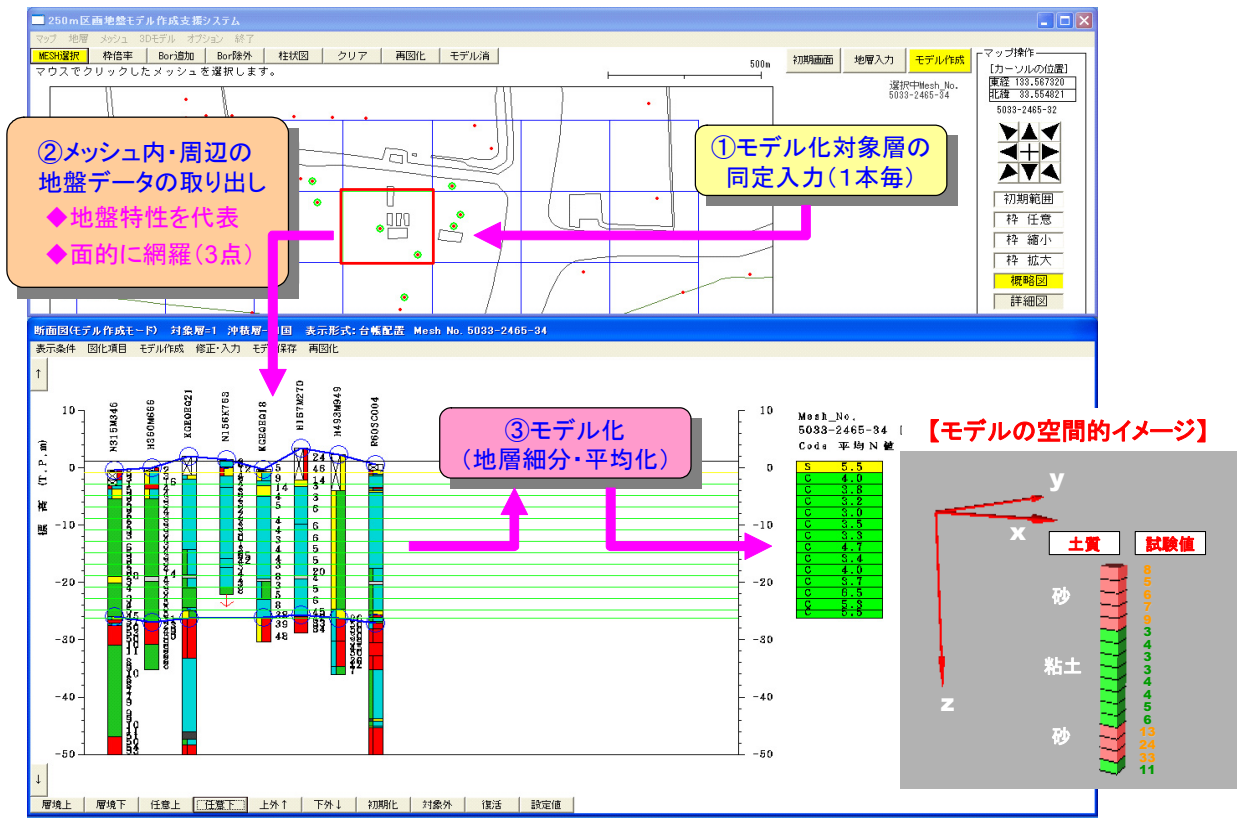


図-3 支援システムの操作画面と地盤モデル作成手順（イメージ）

4. パイロット・スタディー（大阪平野への適用）

4.1 対象地とボーリングデータ

本スタディーでは支援システムの適用性とボーリングデータの粗密や偏りによるモデル化への影響を検討し、地盤モデルの作成方法を模索した。対象とした地域は、大阪市域の10km四方である（図-4）。この領域には大阪平野の特徴的な3種の地盤が分布している。西大阪は沖積粘土層が厚くほぼ水平に安定的に堆積し、東大阪は超軟弱な粘土（東大阪鋭敏粘土）が埋没谷地形に局所的にも厚く堆積する地盤である。両地域に挟まれる上町台地は洪積地盤で、その両縁部には沖積層厚の急激な減少や砂堆の分布を帯状に見ることができる。

ボーリングデータは「関西圏地盤情報データベース」（KG-NET・関西圏地盤情報協議会）⁶⁾を用いた。データは全域をほぼ覆っているが、メッシュ内のボーリング本数の頻度は、意外にも2本以下のメッシュが約4割を占め、12%は0本（空白）となっている（図-5参照）。

4.2 モデル化手法の検討

地盤モデルにはその場所の代表的地盤情報が示されなければならない。また、そのモデル化には個人差が極力含まれないことが望ましい。ここでは、後者について検討する。表-1のような様々なデータの粗密と偏りのケースに対応するルールを定めるために、地盤特性の情報が詳細なこの領域で、次のモデル化法を比較検討した。

- A：メッシュ内のボーリングを単純平均
- B：広げた範囲のボーリングを単純平均（移動平均）
- C：メッシュを被うように、地盤特性が類似し品質の良いボーリングを選別・追加して平均

図-6に各手法による地盤モデル（沖積相当層の層厚分布）を示す。成層状態の変化が穏やかな西大阪では各手法の結果はほぼ同様なので、個人差の小さいA、B法が有効である。一方で、局所的な地盤条件の場所ではC法が優位であった。たとえば、図-7に示すように鋭敏粘土の局所的な分布状況は、C法によるモデルが実際の分布状況⁶⁾に最も近く、埋没谷の領域が明瞭に示された。

この様な検討より、表-2に地盤の成層状態とボーリングの分布状況に対する適当なモデル化手法を整理した。C法は、地形が急変する場所にも適用性が高かった。

5. まとめ

「全国電子地盤図」の作成について、その起案の経緯と全国に展開するための「電子地盤図作成支援システム」の開発を紹介した。また、電子地盤図作成の基本手順と、ボーリングデータの粗密等に対する適当なモデル化手法についてパイロット・スタディーの結果を示した。

「全国電子地盤図」に集積される地盤情報は、地域の地盤像を適確に示すものでなければならない。そのためにも、地域における地盤研究の活性化に期待する。

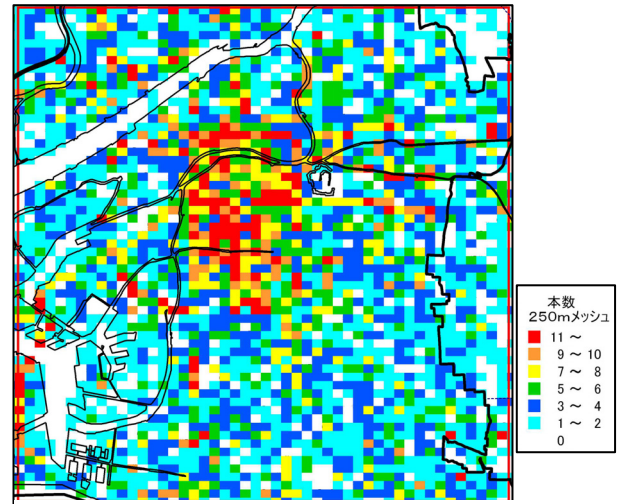


図-4 検討地とメッシュ内ボーリング数の分布

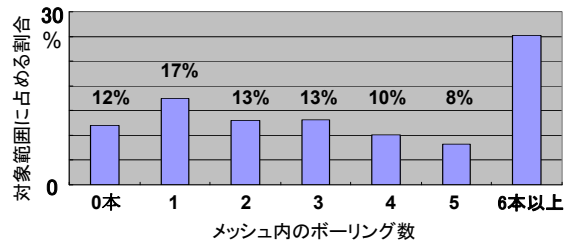


図-5 対象地におけるメッシュ内ボーリング数の頻度

表-1 メッシュ内のボーリング分布のパターン

(●・・・メッシュに対するボーリングデータの分布)

本数分布	4本以上	3本	2本	1本	無し(周辺あり)	無し(周辺無し)
均一						
不均一(偏り)						
全体に占める割合	40%	10%	13%	17%	12%	

表-2 成層状態やデータ分布によるモデル化の方法

成層状態	メッシュ内のボーリング	適当なモデル化方法	該当地域
ほぼ一様	多数&均一分布(3本以上)	A法 (メッシュ内で単純平均)	西大阪
	少数/不均一(0~2本, または偏り)	B法 (移動平均的に範囲を広げて平均)	
一定の変化(傾斜等)	多数~少数	C法 (その地盤条件に該当するボーリングを選択して平均)	東大阪 上町台地縁
局所的な変化(埋没谷など)	均一~不均一		

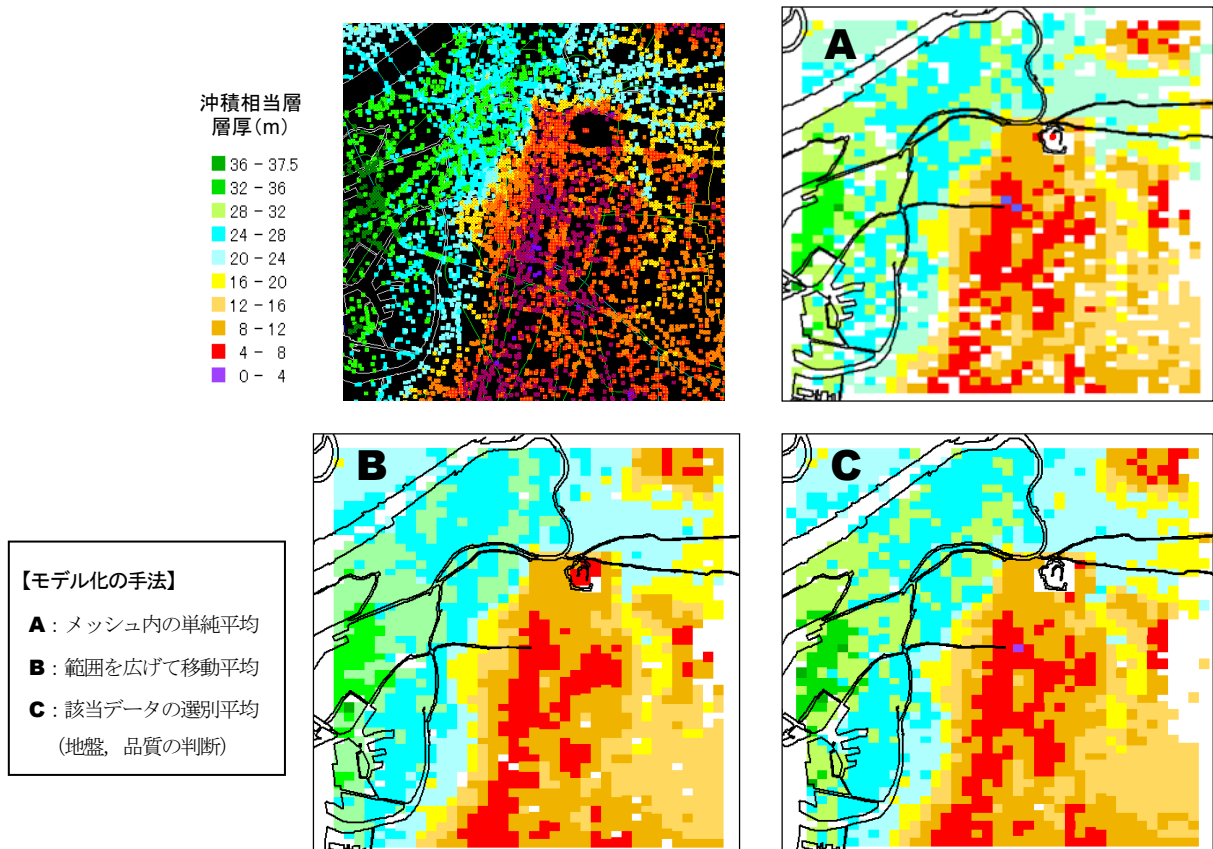


図-6 3つの手法によるモデル化の結果 (左上: ボーリングデータによる沖積相当層厚の分布)

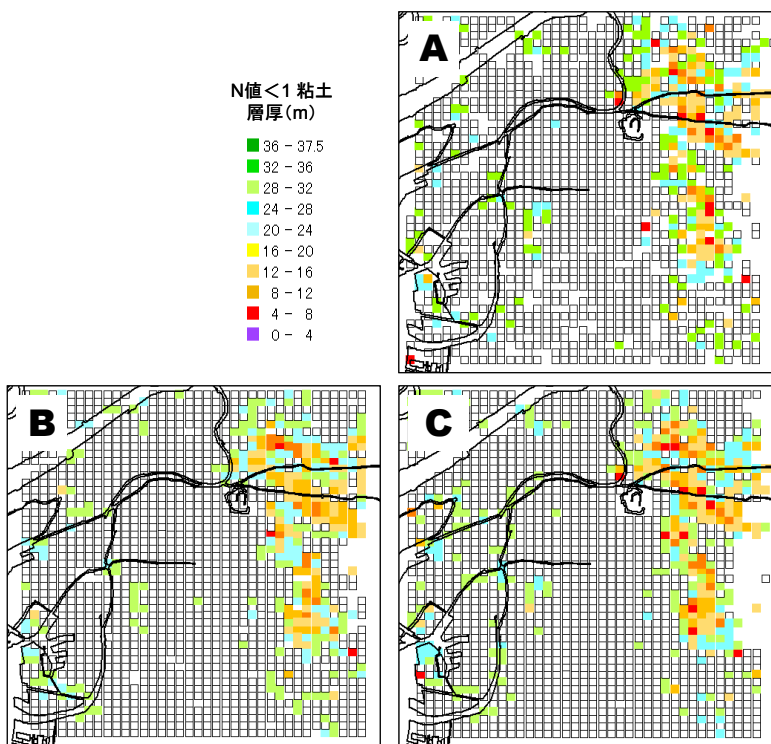


図-7 鋭敏粘土の局所的分布のモデル化状況

参考文献

- 1) 藤原広行(2007): 統合化地下構造データベースの構築に向けて, シンポジウム 統合化地下構造データベースの構築に向けて 予稿集, 防災科学研究所, pp.9-22.
- 2) 安田進・藤堂博明(2007): 表層地盤情報データベース連携に関する研究, シンポジウム 統合化地下構造データベースの構築に向けて 予稿集, 防災科学技術研究所, pp.35-40.
- 3) 地盤工学会 (2007): 「表層地盤のデータベース連携に関する研究」 研究報告書.
- 4) 山本浩司・三村衛・三田村宗樹・大島昭彦・小田和広(2008): 大阪平野における全国電子地盤図の作成 -パイロット・スタディー-, 第43回地盤工学研究発表会, 投稿中.
- 5) 吉田光宏・三村衛・山本浩司・近藤隆義(2008): 地盤情報DBによる代表的地盤情報の抽出-電子地盤図の作成手法について-, 第43回地盤工学研究発表会, 投稿中.
- 6) KG-NET・関西圏地盤研究会(2007): 新関西地盤-大阪平野から大阪湾-, pp.296+66.
- 7) 山本浩司・田中礼司・関口春子・吉田邦一(2005): 地盤情報データベースによる大阪堆積盆地のVs推定式と浅層地盤モデル, 第40回地盤工学研究発表会, pp.39-40.