

平成20年度「統合化地下構造データベースの構築」

サブテーマ2 データベース連携・統合化のための分散管理型システムの開発

表層地盤のデータベース連携に関する研究

報告書

平成21年5月30日

社団法人 地盤工学会

表層地盤のデータベース連携に関する研究委員会

## 目次

1 . 要約-----	1
2 . 委員会-----	2
3 . 平成 2 0 年度研究概要-----	4
4 . 表層地盤情報データベース連携と地盤工学会全国電子地盤図システム-----	6
5 . 表層地盤情報データベース連携システムの機能拡張-----	8
5 . 1 電子地盤図システムの概要-----	8
5 . 2 電子地盤図作成支援システムの改良-----	11
5 . 3 電子地盤図表示システムの開発-----	18
6 . 全国電子地盤図閲覧用ユーザーインターフェースの開発-----	28
6 . 1 基本方針-----	28
6 . 2 基礎作成-----	36
6 . 3 システム構築の課題-----	40
7 . 電子地盤図システムの実証試験 - 斜面地盤への適用 - -----	43
7 . 1 概要-----	43
7 . 2 対象地域と地盤特性の概要-----	44
7 . 3 電子地盤図の作成（実証試験）-----	55
8 . 電子地盤図システムの実証試験 - 泥炭性軟弱地盤への適用 - -----	61
8 . 1 概要-----	61
8 . 2 対象地域と地盤特性の概要-----	62
8 . 3 電子地盤図の作成（実証試験）-----	68
9 . まとめと結論-----	75

## 1. 要約

- 1) 「統合化地下構造データベースの構築」において、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」を担当し、平成18年7月に地盤工学会の調査研究部内に「表層地盤情報データベース連携に関する研究委員会」(委員長：安田進東京電機大学教授)を設け、地盤工学会本部および各支部から推薦を受けて参画した委員および地質調査業界と自治体からの委員の参加を得て研究を開始した。また防災科学研究所、産業技術総合研究所からも委員を迎え、「統合化地下構造データベース」全体の視点からも議論を行った。平成20年度の委員会は委員長以下21名で構成され、研究のために幹事会を5回、委員会を2回開催した。
- 2) 平成20年度の「表層地盤情報データベース連携に関する研究」は、表層地盤情報データベース連携手法の研究、表層地盤情報データベース連携システムの機能拡張、「全国電子地盤図」閲覧用ユーザーインターフェース開発、表層地盤情報データベース連携システムの実証試験-斜面地盤への適用、及び表層地盤情報データベース連携システムの実証試験-泥炭性軟弱地盤への適用で構成された。
- 3) 全国電子地盤図とは、全国を250m区画で分割し、深さ100mより浅い地盤について各区画の地盤モデルを電子的に作成し保存、追記、表示できるシステムで、そこに含まれている情報はインターネット経由で閲覧・ダウンロードができる。各区画の地盤情報は、既存のデータベースをもとに作成するもので、全国電子地盤図は地盤工学会が持つデータベースを、産総研・防災科研・土木研等のデータベースとつなぐための道具である。
- 4) 「全国電子地盤図作成支援システム」は平成19年度に開発された表層地盤情報データベース連携システムの要素技術であり、対象地域の既存地盤情報データベースからデータを取り込み、250m対象区画におけるモデル地盤深さ(地層の設定)を決め、モデル作成に使う良質データ選別、モデルへの変換等の基本機能を有する。
- 5) 「全国電子地盤図作成支援システム」は大阪平野を対象に研究・適用されてきた手法を基本としたものなので、全国の地盤に適用するためには、各地域に特徴的な地盤条件にも対応可能なように、同手法の適用性を実証試験により検証して、機能の改善と追加を図る必要があった。そのために、平成20年度は斜面地盤と泥炭性軟弱地盤に対して適用し、問題点の抽出と改良を行った。
- 6) 表層地盤情報データベース連携システムの機能拡張として、上記実証試験を基に問題点の抽出と改良を行ったほか、電子地盤図の地盤情報を分かりやすく表示するための「電子地盤図表示システム」を開発した。
- 7) 「全国電子地盤図作成支援システム」で作成したモデルを集積した「全国電子地盤図」を、一般ユーザーが防災科学技術研究所のポータルサイトから閲覧する時に必要となる閲覧用ユーザーインターフェースの基本設計を行った。

## 2. 委員会

「統合化地下構造データベースの構築」に社団法人地盤工学会も参画し、サブテーマ2：データベース連携・統合化のための分散管理型システムの開発のうち、表層地盤情報データベース連携の研究を担当した。表層地盤情報データベース連携に関する研究において地盤工学会の研究内容は、次の通りである。

【地盤工学会の地方支部により各地域で構築された既存の表層地盤情報データベースおよび構築中の表層地盤情報データベースを連携・統合化し、「統合化地下構造データベース」に連結し、共通様式の地盤情報の流通を可能とするための検討を行う。】

地盤工学会では調査研究部の中に「表層地盤情報データベース連携研究委員会」を以下の委員で発足させた。

会務	委員氏名	現職
委員長	安田 進	東京電機大学 理工学部建設環境工学科
幹事長	藤堂 博明	基礎地盤コンサルタンツ(株)海外事業部
幹事	沖村 孝	神戸大学都市安全研究センター
幹事	山本 浩司	(財)地域地盤環境研究所 地盤情報グループ
幹事	八戸 昭一	埼玉県環境科学国際センター研究所 地質地盤G
幹事	村上 哲	茨城大学工学部都市システム工学科 防災・環境地盤工学研究室
幹事	若林 亮	株式会社イー・アール・エス リスクマネジメント部
委員 (北海道)	福島 宏文	(独)土木研究所 寒地土木研究所 寒地基礎技術研究グループ 寒地地盤チーム
委員 (東北)	仙頭 紀明	日本大学工学部土木工学科 地盤工学研究室
委員 (北陸)	大塚 悟	長岡技術科学大学 工学部環境建設系
委員 (関東)	後藤 聡	山梨大学 大学院医学工学総合研究部
委員 (中部)	大東 憲二	大同工業大学 工学部 都市環境デザイン学科
委員 (関西)	三村 衛	京都大学防災研究所 地盤災害研究部門
委員 (中国)	池田 敏明	中電技術コンサルタント(株)調査本部
委員 (四国)	矢田部 龍一	愛媛大学 大学院理工学研究科

委員 (九州)	橋村 賢次	日本地研(株)技術開発部
委員	木村 克己	(独)産業技術総合研究所 地質情報研究部門都市地質プロジェクト
委員	藤原 広行	(独)防災科学技術研究所 防災システム研究センター
委員	大井 昌弘	(独)防災科学技術研究所 防災システム研究センター
委員	佐々木 靖人	(独)土木研究所 材料地盤研究グループ地質チーム
委員	寺本 邦一	(社)全国地質調査業協会連合会

委員会および分科会は以下の日程で開催された。

委員会・幹事会	日付	時間	場所
平成20年度第1回幹事会	平成20年5月9日(金)	13:00-15:00	地盤工学会
平成20年度第2回幹事会	平成20年6月18日(水)	10:30-13:00	地盤工学会
平成20年度第1回委員会(通算第5回)	平成20年7月30日(水)	14:00-17:30	地盤工学会
平成20年度第3回幹事会	平成20年9月5日(金)	10:30-13:00	地盤工学会
平成20年度第4回幹事会	平成20年11月17日(月)	12:00-14:00	地盤工学会
平成20年度第5回幹事会	平成21年1月9日(金)	13:30-15:30	地盤工学会
平成20年度第2回委員会(通算第6回)	平成21年3月13日(金)	13:00-17:00	地盤工学会

### 3 . 平成 2 0 年度研究概要

平成 2 0 年度の「表層地盤情報データベース連携に関する研究」は以下の 5 項目で構成され、下記の成果があった。

#### 表層地盤情報データベース連携手法の研究

表層地盤情報データベース連携手法について研究するため、データベース先進地域および地盤工学会各支部から推薦を受けて参画した委員を中心に、平成 1 9 年度に開発した「電子地盤図作成支援システム」の実証実験を行い問題点の抽出と改良を行うと共に、電子地盤図公開の準備に関する研究を行い、以下の成果を得た。

- 電子地盤図作成支援ソフト機能強化と修正を行った。
- 電子地盤図作成者が、地盤情報を分かりやすく見るための「電子地盤図表示システム」を開発した。
- 「全国電子地盤図」閲覧用ユーザーインターフェース開発を行った。

#### 表層地盤情報データベース連携システムの機能拡張

防災科学技術研究所で開発が進む「分散管理型統合システム」と連携するため、表層地盤情報データベース連携システムの 2 つめの要素技術として、地盤工学会地方支部が「電子地盤図作成支援システム」を用いて構築する全国電子地盤図システムから地盤情報を抽出・分析・表示する機能（電子地盤図表示システム）を開発した。また、  
、  
の実証試験をもとに、「電子地盤図作成支援システム」の改良を行った。開発した機能は以下のとおりである。

#### 【機能改良】

モデル化処理における土質区分の強制切換、土質名が不明な盛土・埋立の土質設定、50mDEM の平均標高値の断面図併記、ボーリングの孔口標高修正入力、孔内水位の表示とモデル化、地盤モデルの作成に関するコメン入力

#### 【実証試験による必要機能の追加】

地層境界データの入力作業者の設定・記録、50mDEM による背景図への彩色表現、地盤モデルの層スライス厚の変更、火山灰・泥炭などモデル化地層区分の追加、地図データのシェープ形式対応

#### 【2次元表示】

モデル柱状図の断面表示、地盤モデルの任意範囲入力・表示、地盤モデルの任意範囲の模式表示、地盤モデル地層の分布表示、指定深度・標高の土質・N値の分布表示、指定土質・優勢土質の層厚・N値の分布表示、コンター表示、フリーの 3 Dソフトを利用したサーフェス表示、高度な立体表示のための既存 3 Dソフトへのデータ出力機能

#### 「全国電子地盤図」閲覧用ユーザーインターフェース開発

表層地盤情報データベース連携システムの一部として、一般ユーザーが防災科学技術研究所のポータルサイトから「全国電子地盤図」を閲覧する時に必要となるユーザーインターフェースの開発に取り組んだ。本年度は、基本設計：機能仕様（画面構成，画面遷移，表示機能）とデータ仕様を行い，および基礎作成：データ試登録（背景図，表示メッシュ，地盤モデル），表示 GIS 試作成（表示事例）を行った。

#### 表層地盤情報データベース連携システムの実証試験-斜面地盤への適用

斜面災害の多い四国から松山平野地域を選定して、「電子地盤図作成支援システム」の実証試験を実施し，その結果を更なる表層地盤情報データベース連携システムの高度化にフィードバックした。対象地域は山地から扇状地，沖積低地に広がる地盤であり，その多くが斜面地形を成している。このような地盤は平坦な沖積平野に比べて地層の分布やつながりが理解しづらい。その検討を行うための機能として，50mDEM による背景図への彩色表現，地盤モデルの層スライス厚の変更などを行った。

#### 表層地盤情報データベース連携システムの実証試験-泥炭性軟弱地盤への適用

泥炭性軟弱地盤の発達した北海道から札幌地域を選定して、「電子地盤図作成支援システム」の実証試験を実施し，その結果、泥炭および火山灰を土質分類に追加、深度 1 m ごとの地層モデル作成、等の修正及び機能強化を施した。また、地盤モデル対象層は沖積層に限定せず地域の実情に応じて決定することとした。

## 4．表層地盤情報データベース連携と地盤工学会全国電子地盤図システム

平成18年度の表層地盤情報データベース連携の研究において、連携の手段として全国電子地盤図システムを提案し、平成19～20年度にはそのシステムの具体化作業を行った。第5章で平成20年度作業を詳述する前に、本章でシステムの概要を述べておく。

### 全国電子地盤図の定義

全国を250m区画で分割し、深さ100mより浅い地盤について各区画の地盤モデルを電子的に作成し保存、追記、表示できるシステムで、そこに含まれている情報はインターネット経由で閲覧・ダウンロードができる。各区画の地盤情報は、既存のデータベースをもとに作成するもので、全国電子地盤図は地盤工学会が持つデータベースを、産総研・防災科研・土木研等のデータベースとつなぐための道具である。

### なぜ各データベースを直接連結しないで、全国電子地盤図を作るのか

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。

すで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種多様に渡るため、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。

振興調整費の事業では公開が原則であり、データベースの連結を振興調整費で行えば、各データベースに含まれるデータは公開しなければならない。しかし、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、また、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、公開が原則の振興調整費の事業に参加する地盤情報データベースは少ない。

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全国電子地盤図には、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のと同様な成果が得られるだけでなく、信頼できるデータを用い、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。

### 全国電子地盤図製作の意義

地盤工学会全国電子地盤図は全国の都市域の表層(主として沖積層と洪積層)を対象とした地盤モデルで、対象範囲・対象深度が重複する一部の箇所を除き、防災科研・産総研がそれぞれ作る地盤モデルと連携し補完関係をなす。

地盤工学会の全国電子地盤図は汎用性が高く、地盤工学的情報のみならず、地震防災に関わる情報や地質の解明に関わる情報を含み、防災科学研究所・産業技術総合研究所が地盤モデルを作成する際に有益な情報を提供する。

また、地盤工学会、防災科学研究所、産業技術総合研究所がそれぞれの立場から地盤モデルを作ることにより、多様な表現や思想を提供する事が出来る。

この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、堆積環境の似た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。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。一般の人にとっては、地盤概況を把握できることから土地や家屋の購入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。

### 全国電子地盤図作成方法

全国電子地盤図を作成する手順は、各地域で作られた個別の地盤調査・試験のデータベースから、対象となる250m区画周辺のデータを抽出し、地質的解釈・工学的解釈を加えて、その250m区画を代表する地盤モデルを作成する。

### 全国電子地盤図に含まれる情報

最低限、250m区画の位置（座標）、地盤標高、柱状図、N値、地下水位、主要な地質時代（沖積層、洪積層など）の情報を含める。

土質名は土質試験法228ページの「表 4.2.5 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種類とする。

代表的な地層断面図、土質試験データ、PS検層、電気検層など、その他の情報も付加できるシステムとする。

## 5 . 表層地盤情報データベース連携システムの機能拡張

### 5 . 1 電子地盤図システムの概要

#### ( 1 ) 全国電子地盤図構想

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として、『全国電子地盤図システム』を提起した。

既に先行地域で構築された地盤情報データベースは、構築システムやデータの内容が多種多様であるため、それらを単純に連結する事が困難であり、仮に連結できたとしてもデータの利用に障害がある。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、科学技術振興調整費の事業では研究成果の公開が原則であり、地盤工学会の各支部や地域で作成されたデータベースのネットワーク化を科学技術振興調整費で行えば、各データベースに含まれるデータは公開されなければならない。しかし、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・著作権の問題があるものも多く、また、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あり、公開が原則の振興調整費の事業に参加する地盤情報データベースは少ないと考えられる。

以上の問題点を解決することと、単なる生データではなく地域地盤の研究を基に解釈された地盤情報を提供するために、全国を250m区画で分割し、深さ100mより浅い地盤について各区画の地盤モデルを電子的に作成し保存、追記、表示できるシステムを作ることを計画した。このシステムは表層地盤情報データベース連携の基礎となるもので、『全国電子地盤図システム』と呼ぶことにした。そこに含まれている情報はインターネット経由で閲覧・ダウンロードができる仕組みである。

#### ( 2 ) 全国電子地盤システムの概要

全国電子地盤図システムは、各地のデータベースのデータを利用して作成するものであり、個別データの所有権や著作権の問題は発生せず、しかも、データベースの連結を行ったと同様な成果が得られるだけでなく、信頼できるデータを基に地層の解釈を行うなど、利用者にとってはより使いやすく信頼度の高い情報を提供するシステムである。

最低限の情報として、250m区画の位置（座標）、地盤標高、柱状図、N値、地下水位、主要な地質時代（沖積層、洪積層など）の情報を含める。土質名は土質試験法「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種類を基本とする。その他、代表的な地層断面図、土質試験データ、原位置試験データ、PS検層などの情報も将来的には随時付加できるシステムとし、データの種類に対する制約は設けないこととした。

図5-1 に全国電子地盤図の構築フローを示す。全国電子地盤図システムを作成する手順は、各地域で作られた既存の地盤調査・試験のデータベースから、対象となる250m 区画周辺のデータを抽出し、地質的解釈・工学的解釈を加えて、その250m 区画を代表する地盤モデルを作成する。ここで重要なのは、区画内の一本のボーリングを選んで代表とするのではなく、周辺の地盤状況を検討した上で、代表地盤を決めるという事である。この地盤モデルは、区画中の一点の地盤条件ではなく、例えば、脆弱性を優先した区画を代表する地盤条件を示す。この様にして各地域に作成した電子地盤図を連携することによって、全国電子地盤図が完成される。

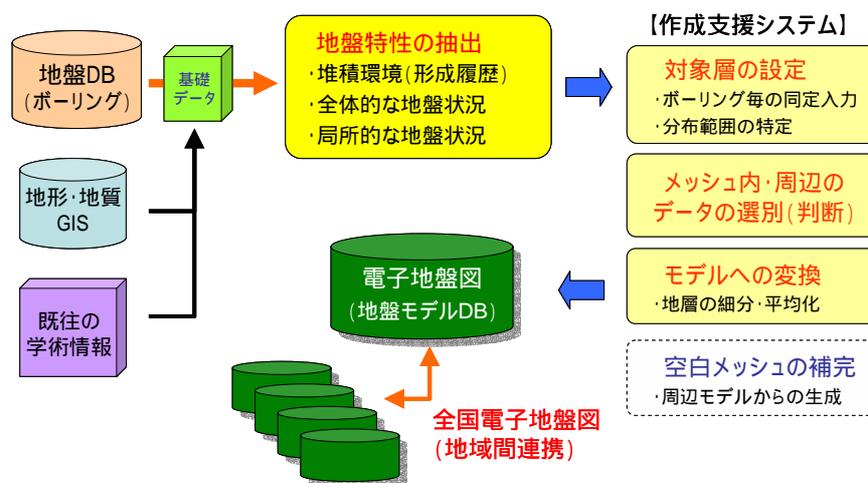


図 5-1 全国電子地盤図の構築フロー

### (3) 全国電子地盤作成支援システム

「電子地盤図作成支援システム」は、平成 18 年度に検討した表層地盤情報データベース連携システムの基本設計と仕様書に基づき、「250m 区画毎の代表的地盤情報」を電子的に作成し、保存、追記できる構築支援システムである。電子地盤図(地盤モデル)の作成を全国統一基準で実施するために、その一連の作業手順を支援するように開発したものである。この支援システムは、次の3つの機能より構成される。

- (1) 対象層の設定 地盤特性を抽出する研究作業とともに、基礎データのボーリング柱状図 1 本毎にモデル化対象層の設定を行う。電子地盤図の対象層は、浅層に堆積する軟弱な沖積層(相当層)とする。その処理作業は、地質学的解釈にもとづき、地層のつながりを追いながら支援システム上で対象層を同定してその対象範囲(上・下端)を入力する。
- (2) データの選別 各メッシュ(250m区画)に対して、その地盤条件を代表するボーリングデータを選別する。その際に、全体的・局所的な地盤特性を反映することを念頭に、ボーリングデータ 1 本毎の品質なども吟味して、メッシュ内や周辺のボーリングデータを選別する。
- (3) モデルへの変換 この選別したボーリングデータより、支援システムの機能を用いて地盤モデルに変換する。

電子地盤図の具体的な作成手順は、昨年度の検討より、以下のようにシステム化している。  
図5-2 に、「電子地盤図作成支援システム」の操作画面上に、その作成手順を示す。

#### 【地盤モデルの作成手順】

250m 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。

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。

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 5-2 の右下に地盤モデルの空間イメージを示す。

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（平成 19 年度報告書を参照）。

地盤モデルのデータはデータベースに集積し、電子地盤図連携システムを用いて運用する。このシステムは、次年度以降に機能化する。

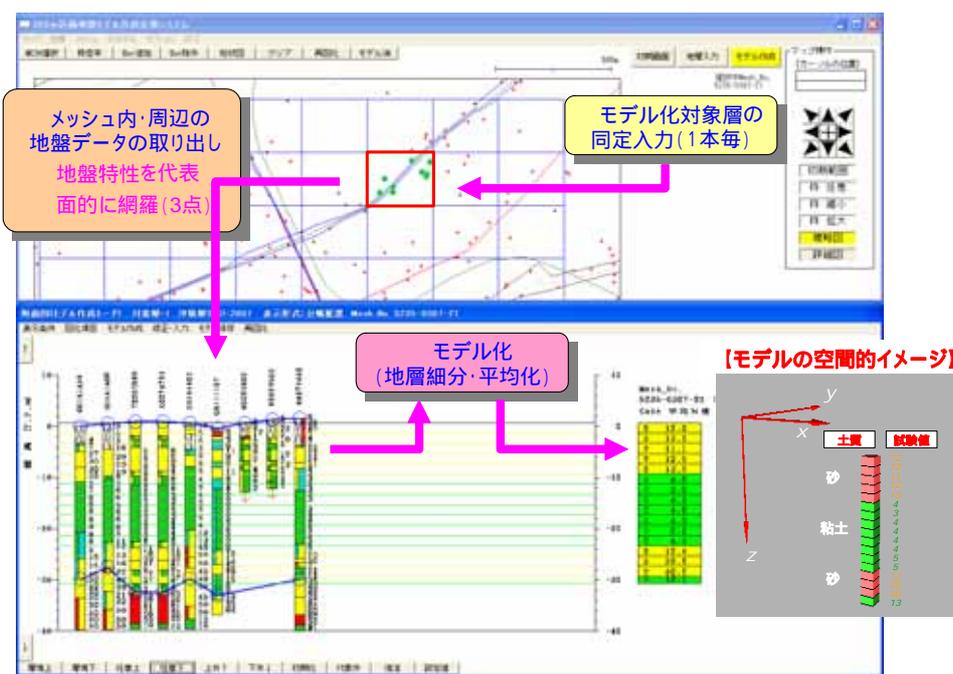


図 5-2 支援システムの操作画面と地盤モデル作成手順（イメージ）

## 5.2 電子地盤図作成支援システムの改良

### (1) 概要

平成 19 年度に作成された「電子地盤図作成支援システム」について、課題の解決と地盤モデル作成のための補助機能の追加と改良を行なった。また、実証試験による斜面地盤および泥炭性軟弱地盤へ適用する場合に必要な機能の追加を行った。さらに、計画された改良予定以外にもプログラムの操作性・作業効率の向上、資料画像としての画面クォリティ向上のための小改良も行なった。表 5-1 に、機能追加と改良項目を示す。

表 5-1 電子地盤図作成支援システムの機能拡張項目一覧

追加・改良項目	備考
【機能改良】	
モデル化処理における土質区分の強制変更	
土質が不明な盛土・埋立の土質設定	
250m メッシュの 50mDEM 標高値の断面図併記	平均・最大・最小表示
ボーリング孔口標高の修正	
— ボーリング地点の 50mDEM 標高を柱状図に併記	
— ボーリング孔口標高の調整入力機能	
孔内水位の表示とモデル化	
作成した地盤モデルへのコメント入力	
微地形条件の表示とモデル化	課題が多く作業を保留中
【実証試験等による必要機能の追加】	
火山灰・泥炭などモデル化地層区分の追加	
地層境界データの入力作業者の設定	
地盤モデルのスライス層厚の変更 (2m<-->1m)	
背景図への 50mDEM の彩色表示	
地図データのシェープ形式対応	「基盤地図情報」への対応
【その他の追加改良】	
主要機能のアイコンボタン化	
凡例表示位置の自由な変更	
各種設定の画面デザインの改良	
断面図の標高範囲の自動調整機能	
断面図線選択の連続入力のオン・オフ	
ボーリング・メッシュのコード入力による位置検索	

## (2) 機能改良

### モデル化処理における土質区分の強制変更

地盤情報データベースに集積されたボーリングデータは、個々の調査レベル(情報の品質)に幅があるので、柱状図に記された土質区分データにも不適切な情報が含まれる場合がある。たとえば、本来は「粘土」とすべき土質を「砂」と記している場合などであり、経験的にN値の大きさから土質を推察することも可能である。そのような処置をモデル化処理において実施するために、N値条件による土質区分を強制的に変更する機能を追加した。

なお、この判断指標や土質特性は地域に固有なものでもあるので(たとえば、N値が3以下の砂が堆積する地域もある)、必要に応じてその機能を起動・設定することが行えるようにした。

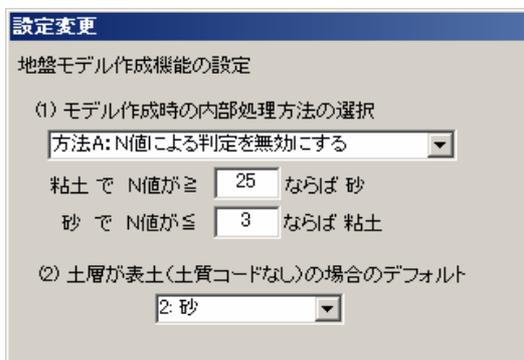


図 5-3 設定変更メニュー (一部)

### 土質が不明な盛土・埋立の土質設定

盛土層や埋立層については、ボーリング柱状図に土質の記載がないものが多い。しかし、大規模な埋立地等であれば造成履歴が知られており、その埋立材が良質土砂、浚渫粘土、廃棄物というように明らかな場合もある。その様な場合に土質名を指定できるように機能を追加した。

### 250m メッシュの 50mDEM 標高値の断面図併記

250m メッシュの地盤モデル(代表的地盤情報)を作成する際に、地盤標高はボーリングデータ(孔口標高)の平均値より設定する仕組みとなっている。その場合に、個々のボーリング孔口標高の測量値が精緻であったとしてもメッシュ内および周辺のボーリングデータの分布に偏りがあれば、またはボーリングデータの標高値が未入力・間違いなどの不備があれば、モデル値が適当でないことになる。したがって、モデル化した地盤標高値の適正を確認する目安とするために、国土地理院の 50mDEM データを参照値として、DEM 標高(平均、最大・最小値)を断面図に表示する機能を追加した。これにより、ボーリング孔口標高が不明または誤りを見つけるための目安とする。

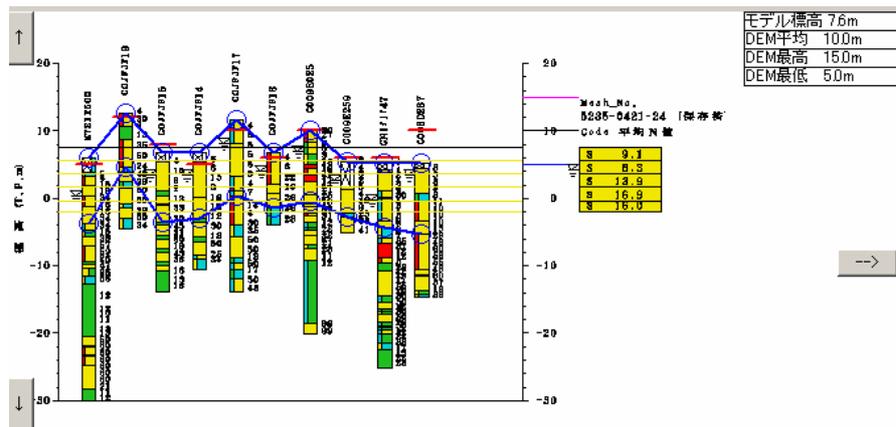


図 5-4 250mメッシュのDEM 標高値の断面図表示

### ボーリング孔口標高の修正

に同じく、各ボーリングの孔口標高値が不明または誤っている場合に、50mDEM の標高値を柱状図に併記して参照し、必要に応じて任意に修正する機能を追加した。

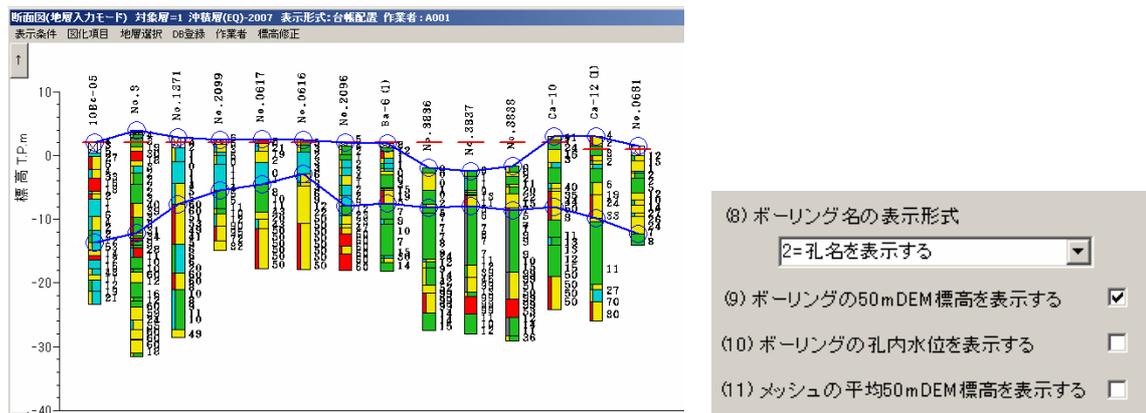


図 5-5 ボーリング地点の 50mDEM 標高の柱状図併記

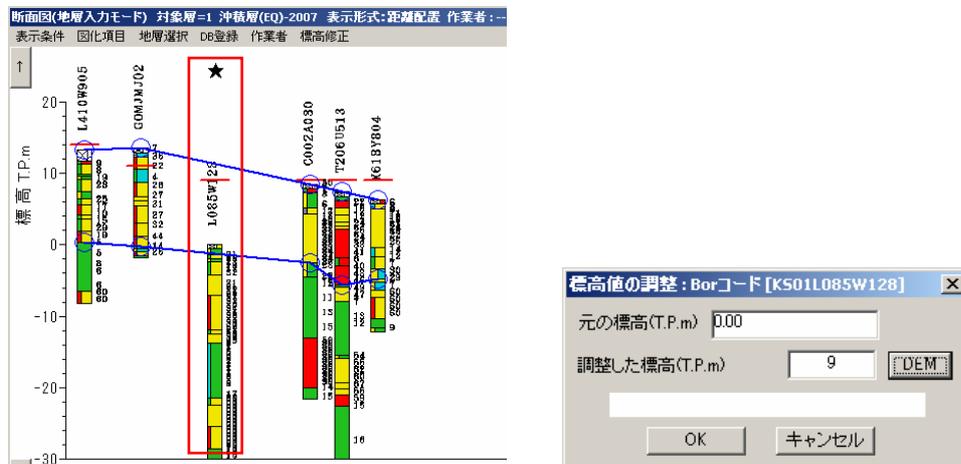


図 5-6 ボーリング孔口標高値の任意調整入力

## 孔内水位の表示とモデル化

ボーリングの孔内水位を断面図上に併記し、モデル化する機能を追加した。

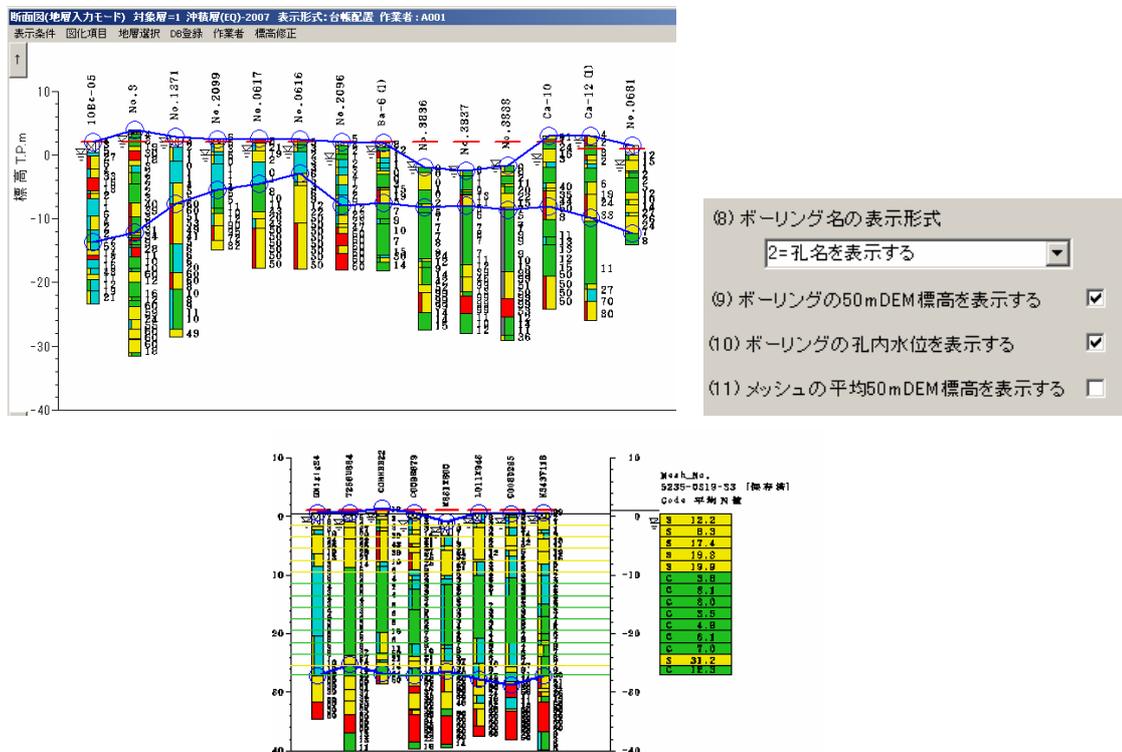


図 5-7 ボーリング孔内水位の柱状図併記およびモデル化

## 作成した地盤モデルへのコメント入力

地盤モデルの作成は、支援システムを介して 250mメッシュ内および周辺のボーリングデータより、そのメッシュを代表する地盤情報を抽出することである。したがって、ボーリングデータの数量が不十分な場合等においては作成者の技術判断が伴うことになる。その経緯や将来的に必要な改善点の記録を残すために、メッシュ毎にコメントを入力、DB化する機能を追加した。

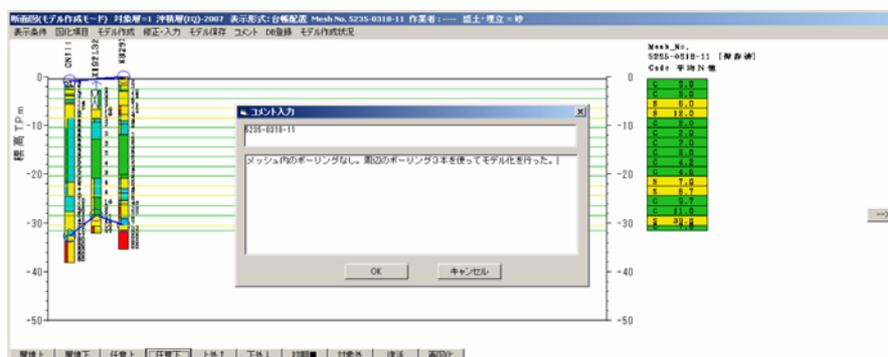


図 5-8 地盤モデルへのコメント入力

### 微地形条件の表示とモデル化

微地形条件は、ボーリングデータ間の表層地盤の情報を補間することに活用できる。また、にも記したように、250mメッシュ領域を代表する地盤情報を抽出することにおいては技術的判断が加わるので、微地形情報との対比を行うことも重要である。

そのようなことから、微地形条件データの表示とモデル化について検討を行ったが、全国を網羅する統一された微地形条件図（データ）が存在しないこと、また全国的に250mメッシュに整備された情報も座標系が旧測地系によるものなので新座標系による本システムと整合しないことなど、解決すべき課題が多く、今回は作業を保留した。

### (3) 実証試験等による必要機能の追加

#### 火山灰・泥炭などモデル化地層区分の追加

地盤工学会北海道支部「北海道電子地盤図作成検討委員会」による実証試験を参照し、泥炭性沖積平野へ適用するために、火山灰・泥炭などモデル化処理を行う機能を追加した。

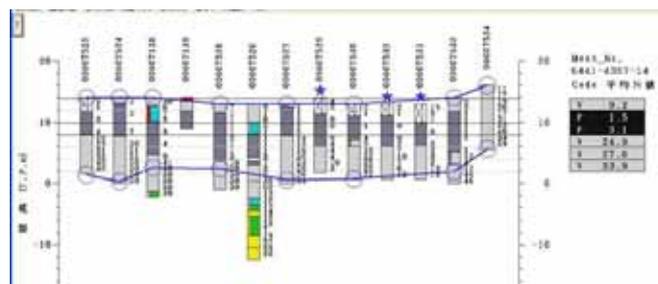


図 5-9 火山灰・泥炭などモデル化

#### 地層境界データの入力作業者の設定

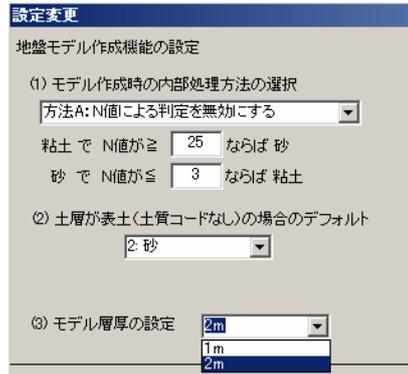
沖積層等の地層境界の同定は、設定者によって判断が異なることがある。また、設定者の学術・技術レベルも幅広いので、誰が判断したかは重要な情報である。したがって、設定入力を行った作業者を設定し、記録に残す機能を追加した。



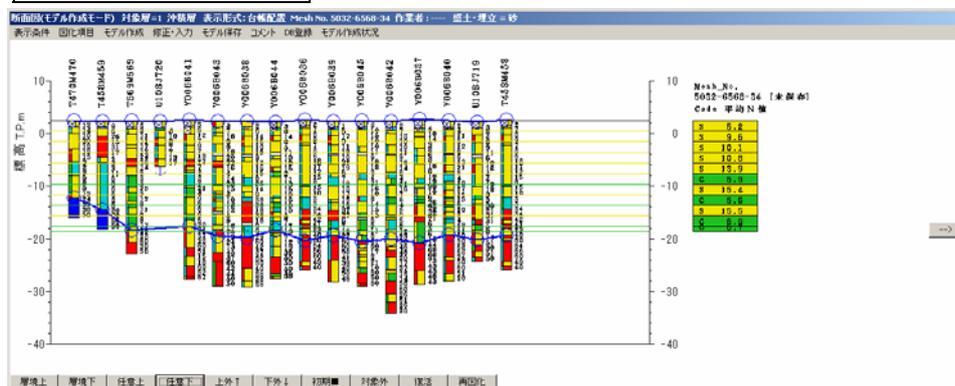
図 5-10 地層境界データの入力作業者の設定

## 地盤モデルのスライス層厚の変更

大阪平野のように粘土層と砂・礫層が比較的厚く互層を成して堆積する地盤がある一方で、地層が細かく変化する地盤もある。後者のような地盤や沖積層の堆積層厚が薄い地盤においては、その成層状態を表現するために、地盤モデルのスライス層厚の変更選択(2m, 1m)のモデル化機能を追加した。



### スライス厚が 2 m の場合



### スライス厚が 1 m の場合

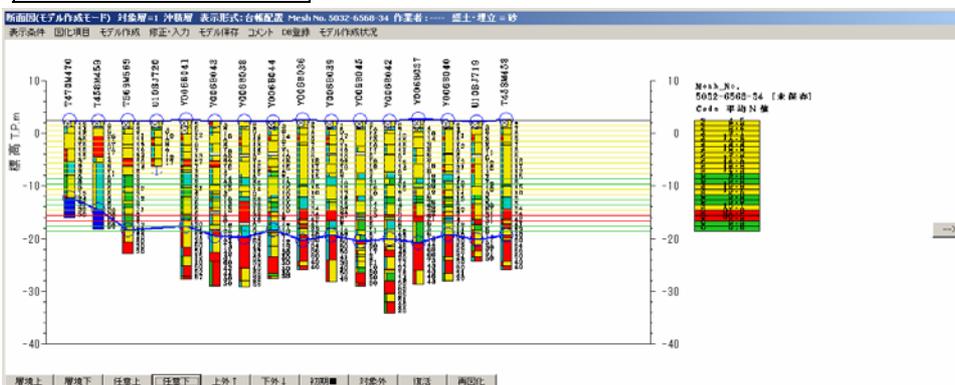


図 5-11 地盤モデルのスライス層厚の変更選択

#### 背景図への 50mDEM の彩色表示

地盤工学会四国支部「四国電子地盤図作成検討委員会」による実証試験を参照し、扇状地盤や山地沿いの斜面地盤のモデル化において、その地盤環境を容易に把握できるように、国土地理院 50mDEM データの彩色表示機能を追加した。

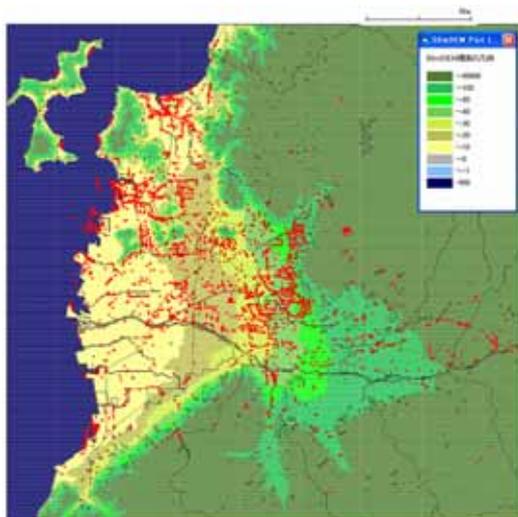


図 5-12 50mDEM の彩色表示（赤点はボーリングデータ）

#### 地図データのシェープ形式対応

システムに不可欠な情報として背景地図データがある。従来は個別に地図情報をデジタル作成（GIS 化）していたが、最近では国土地理院が「基盤地図情報」を無償提供するなど、そのような情報が容易に入手・利用できるようになった。このような地図データを簡易に取り込めるように、標準的な GIS データ（シェープ形式）での利用機能を追加した。ただし、シェープ形式を直接に扱う場合は、図示時間が若干長くなる。

#### （４）その他の追加改良

本システムの操作性を高めることなどを目的に、以下のような種々の機能を winDIG\_ex のツールより追加した。各機能の詳細は、操作マニュアルを参照されたい。

- ・主要機能のアイコンボタン化
- ・凡例表示位置の自由な変更
- ・各種設定の画面デザインの改良
- ・断面図の標高範囲の自動調整機能
- ・断面図線選択の連続入力のオン・オフ
- ・ボーリング・メッシュのコード入力による位置検索

### 5.3 電子地盤図表示システムの開発

#### (1) 概要

電子地盤図作成支援システムを用いて作成する全国電子地盤図システムから代表的地盤情報（電子地盤図データ）を抽出・分析・表示を行なうための機能を作成した。この「電子地盤図表示システム」は、電子地盤図作成支援システムとの操作性を共通化することもできるように設計した。したがって、電子地盤図作成支援システム上で表示システム機能の連続操作も行えるように組み合わせた総合支援システムと、独立して表示システムのみを別プログラムにすることも可能なように構成した。表 5-2 に電子地盤図表示システムの機能項目一覧を示す。

表 5-2 電子地盤図表示システムの機能項目一覧

作成項目	備考
【2次元表示機能】	
A - 断面表示	
- 地盤モデル柱状図の断面表示	
- 地盤モデルの任意範囲の入力	
B - 平面分布表示	
- 地盤モデル地層の分布表示	
- 指定深度・標高の土質・N 値の分布表示	
- 指定土質・優勢土質の層厚・N 値の分布表示	
- コンター表示	他の分布表示との重ね合わせ可能
【3次元表示機能】	
C - フリーの3Dソフトを利用した表示	
- サーフェス表示	地盤モデル面の3Dパネル表示
D - 高度な立体表示のためのデータ出力機能	MicroAVS 用データ

## (2) 代表的地盤情報の2次元表示機能

### A. 断面表示

地盤モデル柱状図の断面表示

選択したメッシュ（個別，線選択）のモデル柱状図を断面表示する機能を作成した。

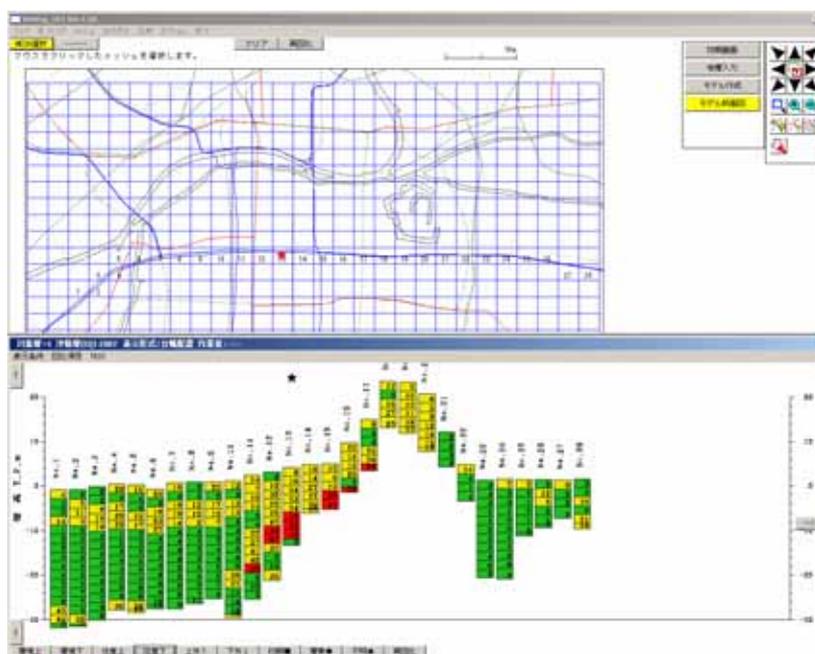


図 5-13 等間隔に選択メッシュの地盤モデルを断面表示した例

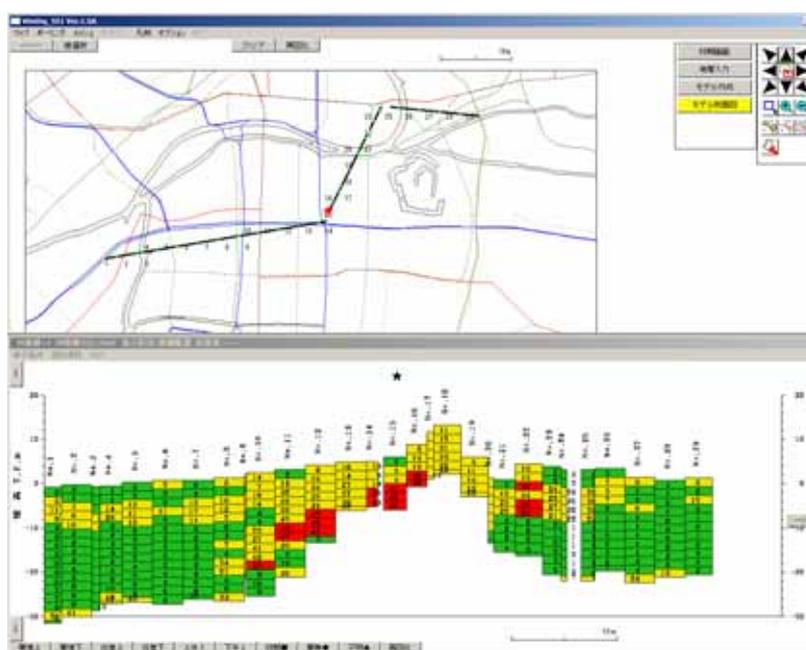


図 5-14 切り出し長さで選択メッシュの地盤モデルを断面表示した例

地盤モデルの任意範囲の入力

地盤モデル（沖積相当層）内の地層構成について、任意に設定する機能を追加した。

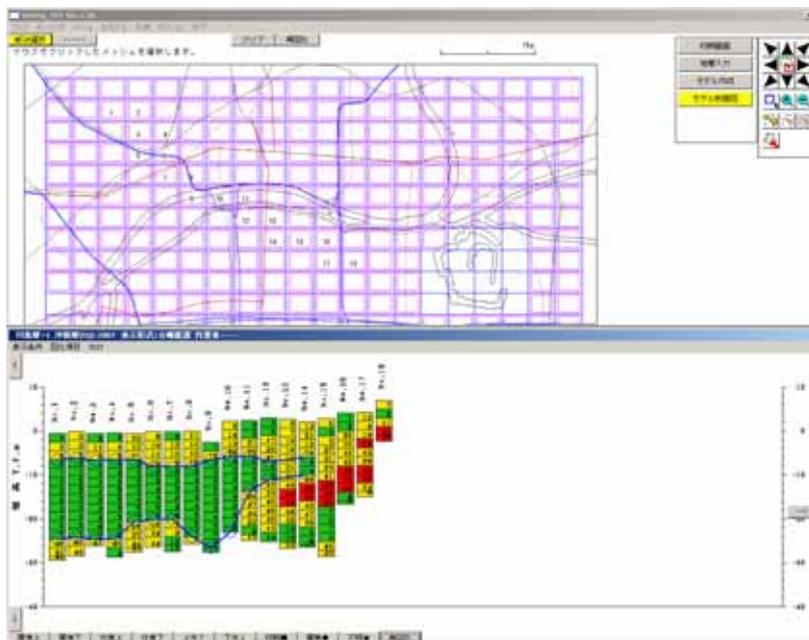


図 5-15 地盤モデル内の任意地層の境界入力

応用的表示（背景地図の切替え）

背景地図の詳細図，50mDEM 標高図等への切替え機能を作成した。



図 5-16 背景地図の切替え表示

## B. 平面分布表示

以下の表示機能を作成した。操作メニューは以下の通りである。

- ・地盤モデルの上面・下面標高，層厚分布，および指定深度・標高の土質・N 値分布
- ・指定土質・優勢土質の層厚・N 値の分布
- ・コンター表示，他の分布表示との重ねせ表示

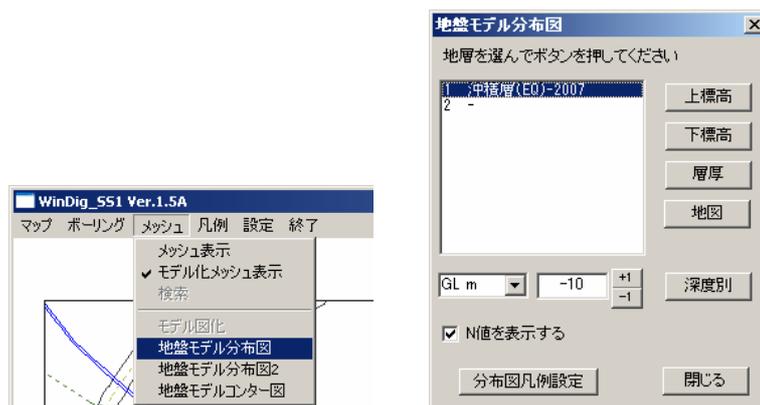


図 5-17 地盤モデル分布図の表示メニュー(1)

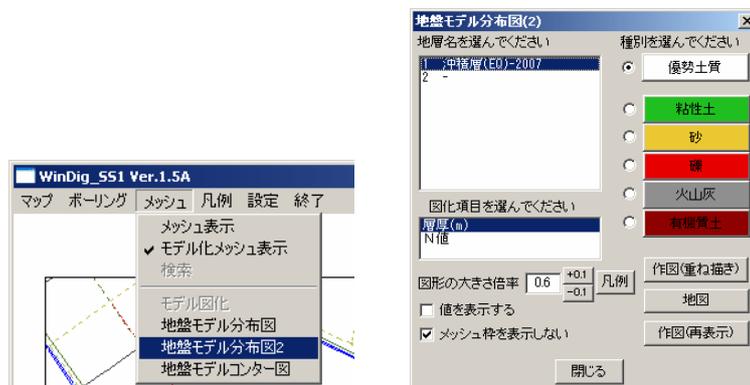


図 5-18 地盤モデル分布図の表示メニュー(2)

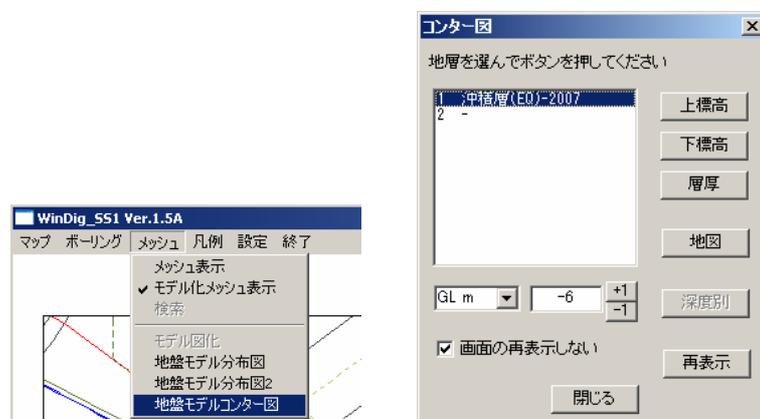


図 5-19 地盤モデルコンター図の表示メニュー

地盤モデル地層の分布表示

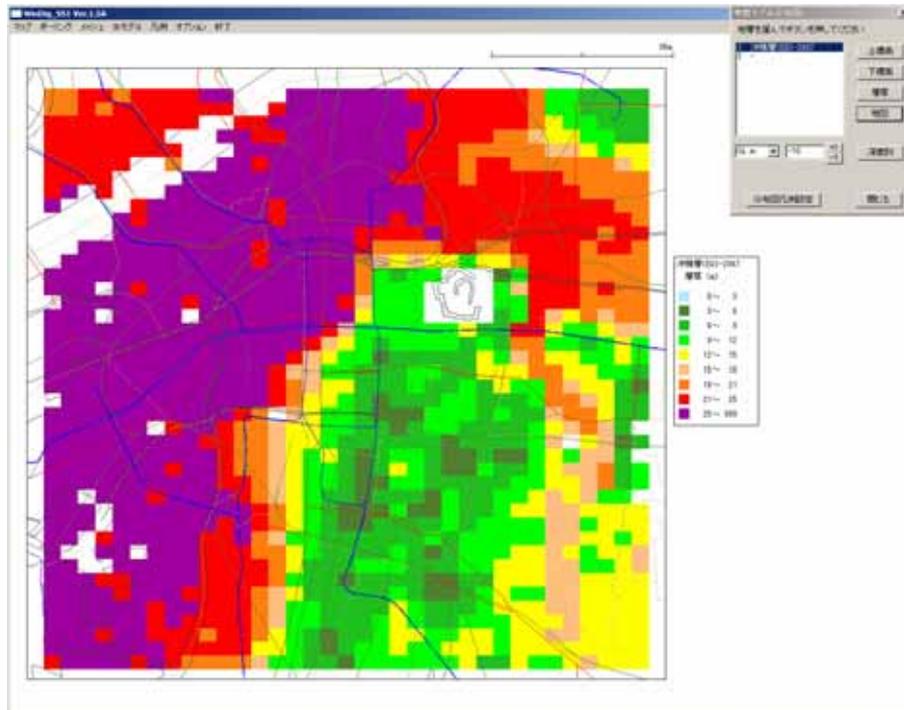


図 5-20 地盤モデル（沖積相当層）の層厚分布

指定深度・標高の土質・N 値の分布表示

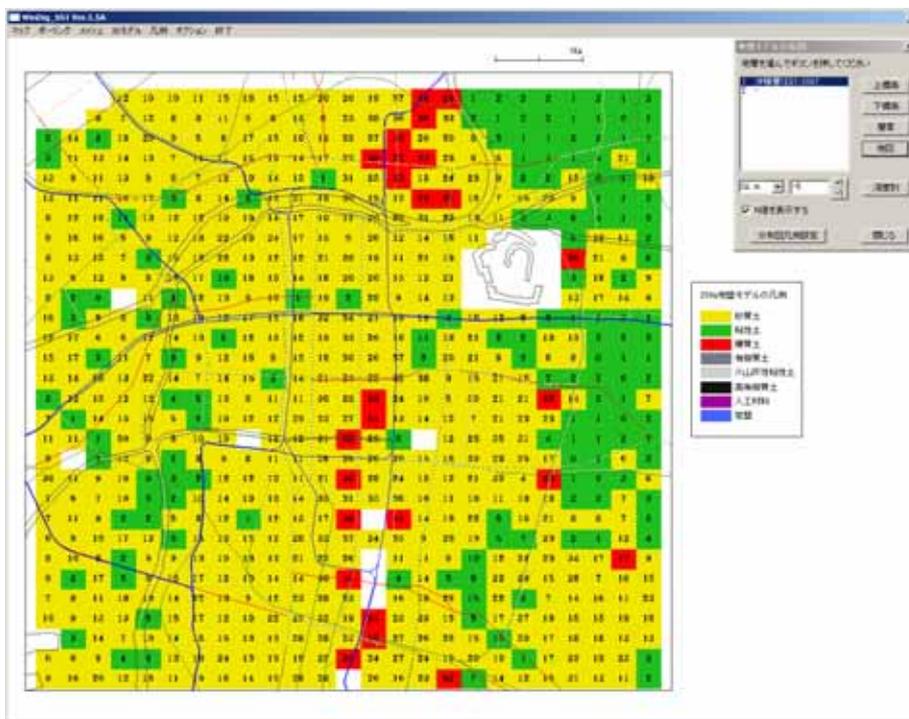


図 5-21 地盤モデル（沖積相当層）内の任意深度・標高の土質・N 値

指定土質・優勢土質の層厚・N値の分布表示

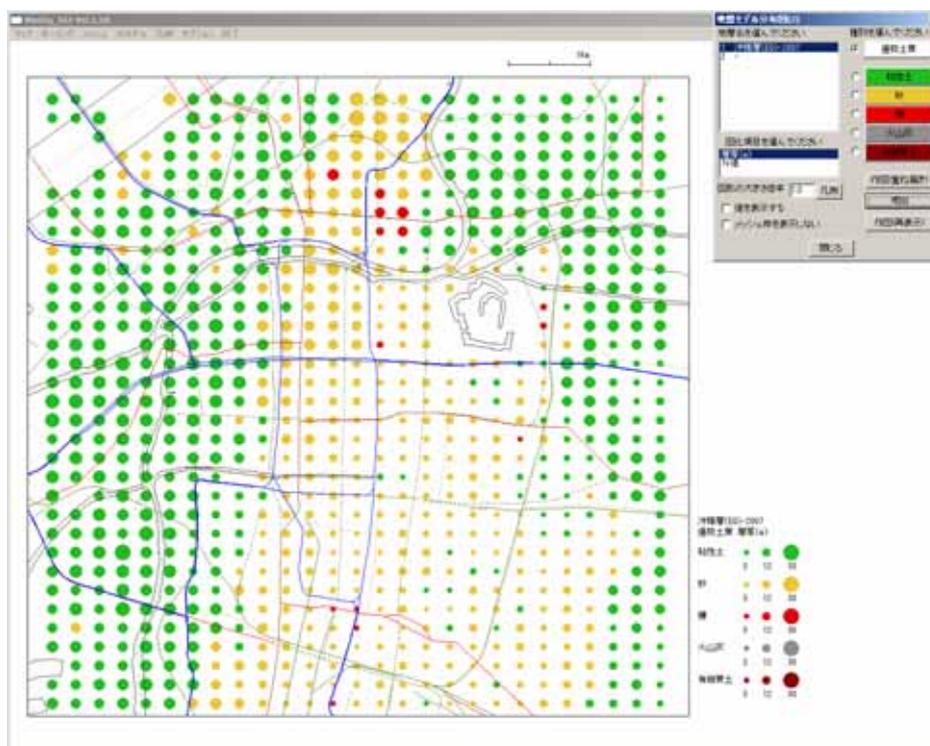


図 5-22 地盤モデル (沖積相当層) の優勢土質の層厚分布

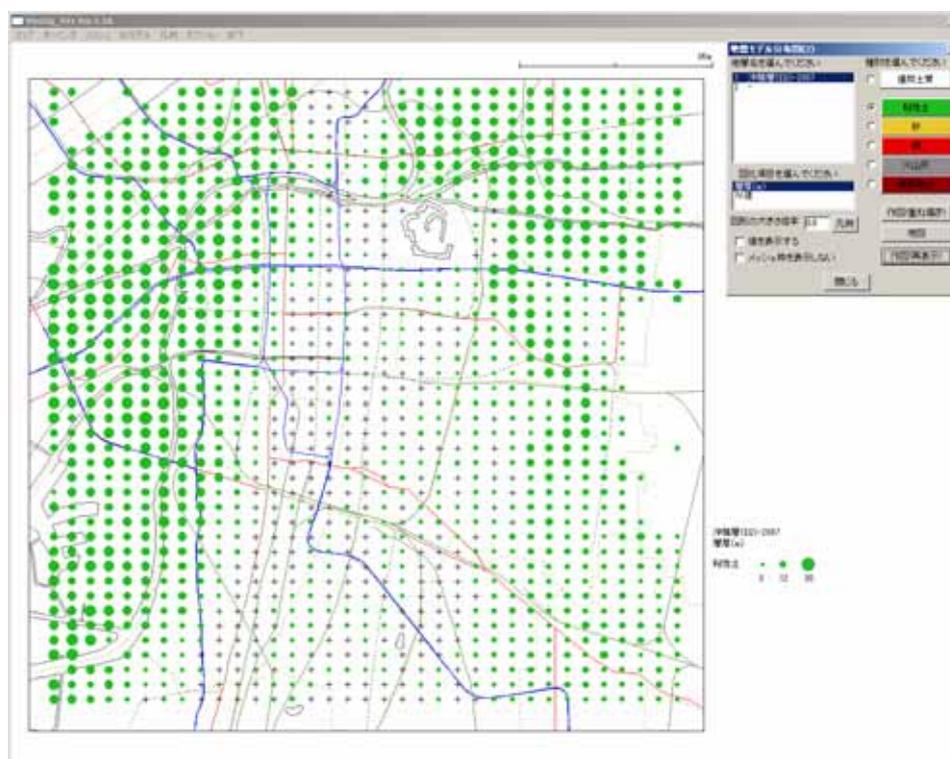


図 5-23 地盤モデル (沖積相当層) 内の粘性土の層厚分布

コンター表示，他の分布表示との重ねせ表示

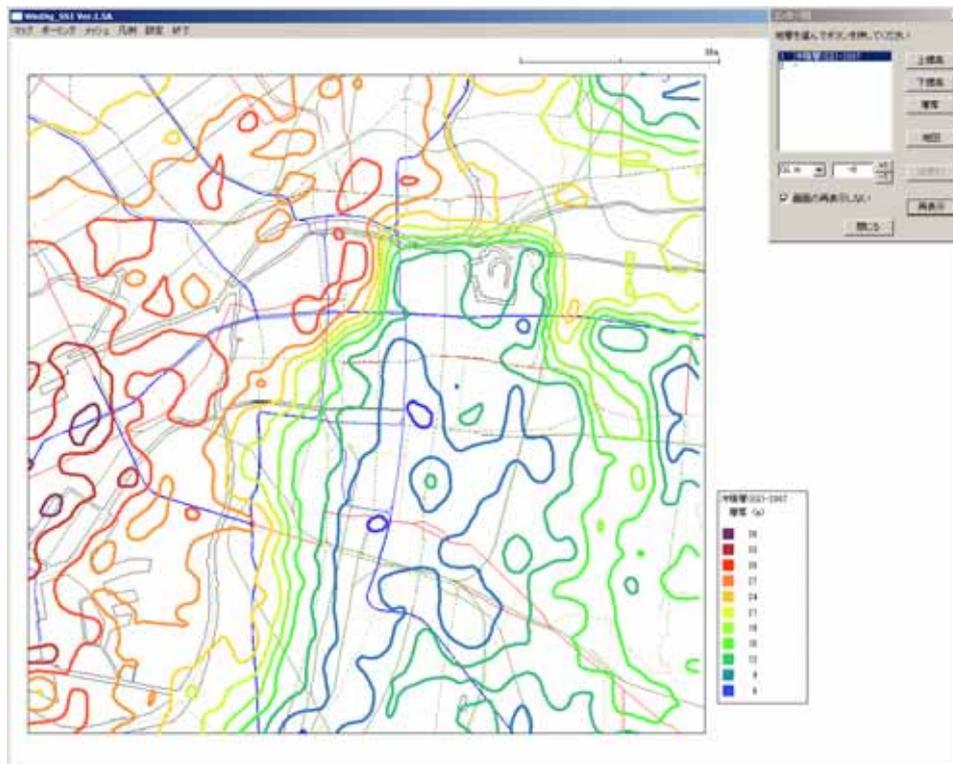


図 5-24 沖積層地盤モデルの層厚分布コンター図の例

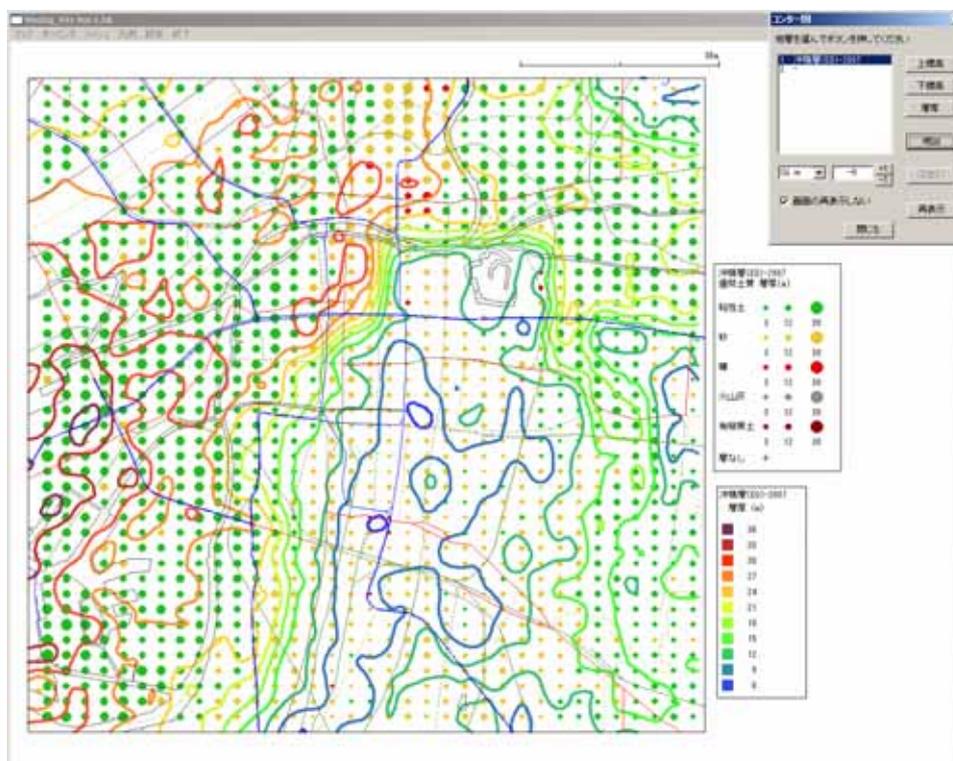


図 5-25 沖積層地盤モデルの優勢土質層厚分布とコンター図の重ね合わせ表示例

### 地盤モデル表示の応用

地盤モデルの分布図,コンター図を表示させた状態で地盤モデル断面図を表示させることができる。たとえば,地盤モデル分布図を表示し,その後に地盤モデルコンター図を上描きし,地盤モデル断面図モードで断面図を表示させることができる。

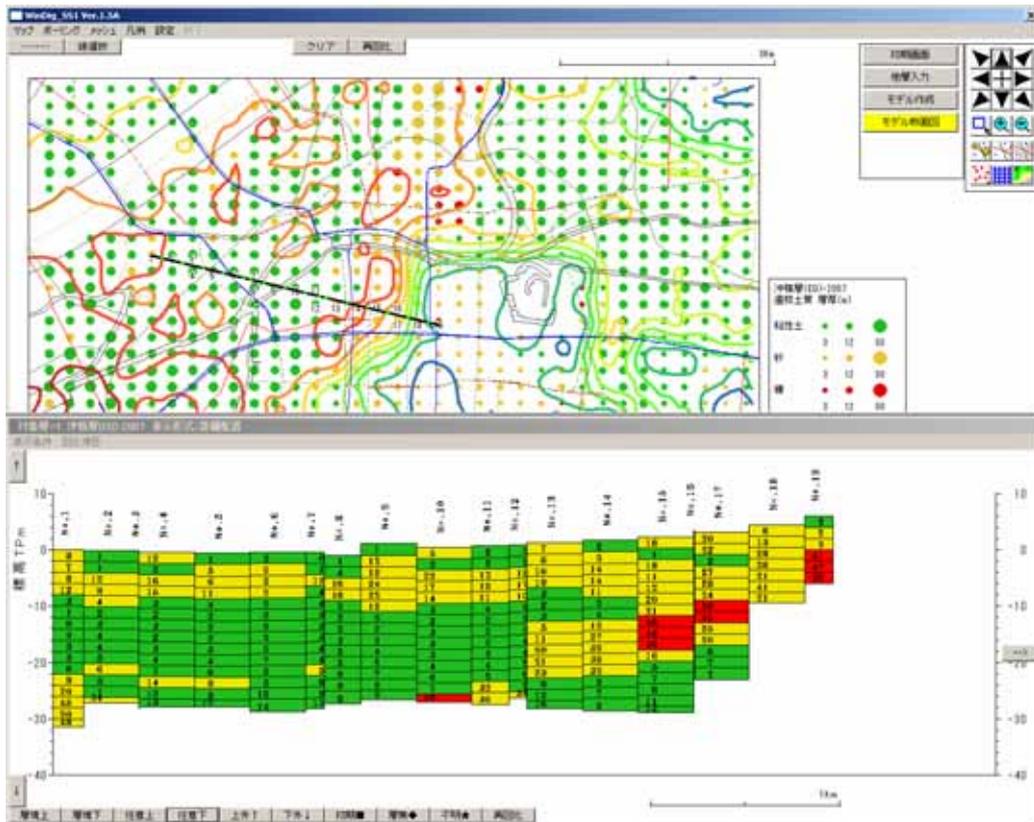


図 5-26 地盤モデル表示の応用例

### ( 3 ) 代表的地盤情報の 3 次元表示機能

フリーの 3D ソフトを利用した表示

地盤モデル面の 3D パネル表示機能を作成した。ここで、表示の基礎技術はフリーライセンスの 3 次元グラフィックソフトで高機能な 3D ポリゴンモデル作成ツールである “Metasequoia” を用い、モデルの表示は Metasequoia フォーマットファイルを表示する “mmViewer” を利用した。表示例は、地図表示範囲を 3D モデルの背景（底板）にして、その上に地盤メッシュモデルの下面標高のメッシュパネルを立体的に配置して表示したものである。マウス操作で回転、拡大・縮小が行え、様々な角度や大きさで立体的に見ることができる。表示は、前述のように、mmViewer.exe による。

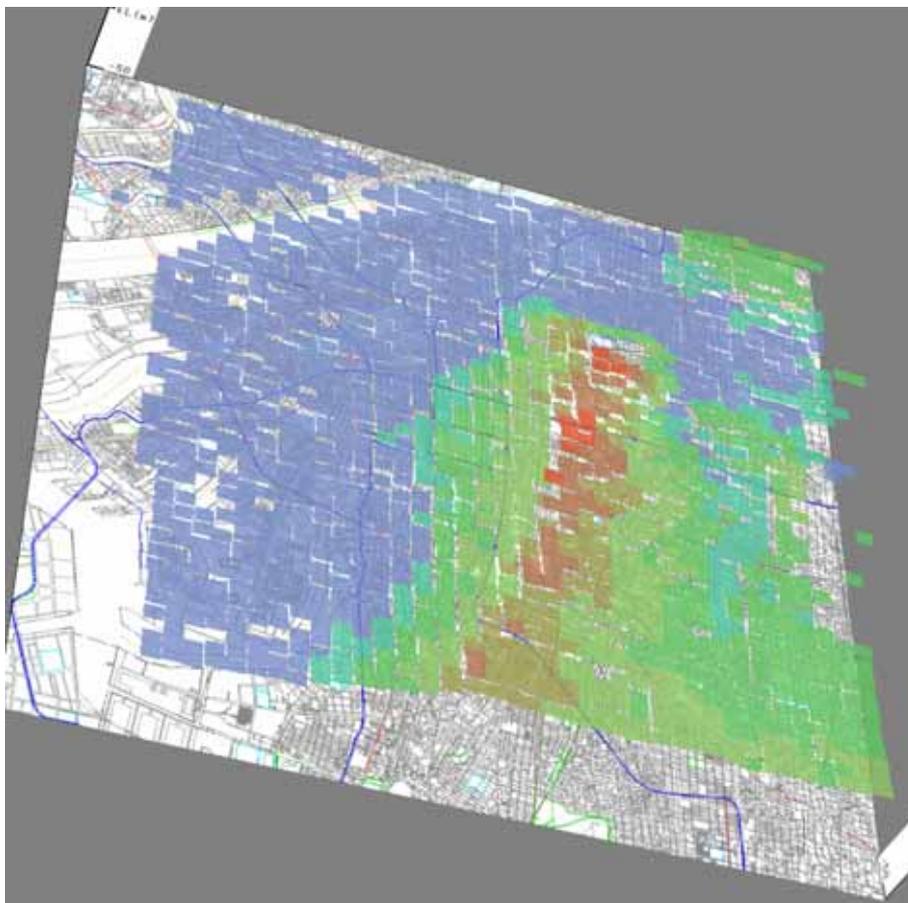
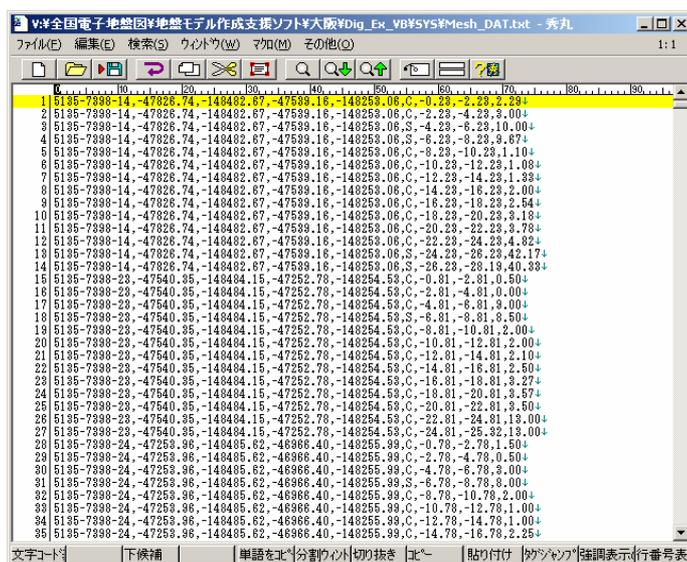


図 5-27 地盤モデル下面の 3D パネル表示

高度な立体表示のためのデータ出力機能

3 次元表示ソフトの代表格である MicroAVS (KGT 社) を用いた立体表示のためのデータ出力機能を作成した。

MicroAVS の標準機能として、非構格子型データ形式がある。これは、座標情報 (X,Y,Z) と属性情報 (値) で構成されるデータを与え、モデリングするものである。このデータ形式に従い、地図範囲にある地盤モデルデータのメッシュの中心座標 (緯度, 経度, 深度) と土質, N 値を編集してテキスト形式 (CSV) で外部ファイルに出力する機能とした。この CSV ファイルのデータを MicroAVS にインポートすることにより、地盤モデルが MicroAVS 上での 3D モデルに変換され、ソリッド形状モデルやマーカーによる模式的な表現による地盤モデルの可視化を行なうことができる。また、CAD データやラスタデータと重ね合わせることもできる。



↓ インポート

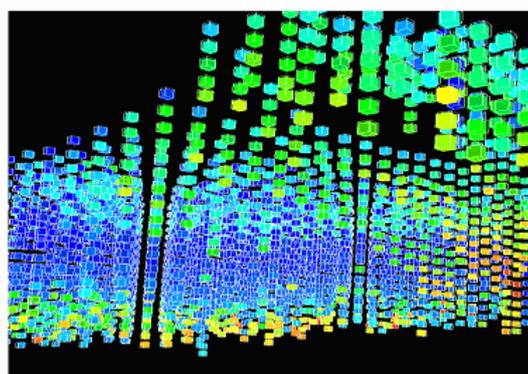
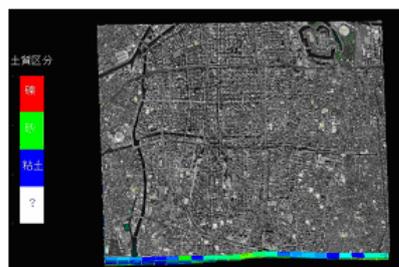
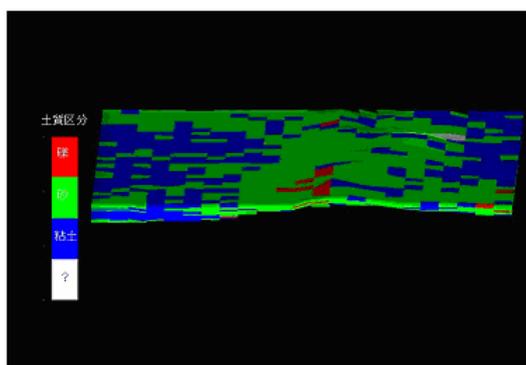


図 5-28 MicroAVS へのデータ出力と 3 次元表示事例

## 6 . 全国電子地盤図閲覧用ユーザーインターフェースの開発

### 6 . 1 基本設計

表層地盤情報データベース連携システムの一部として、一般ユーザーが「全国電子地盤図」を閲覧するために提供するユーザーインターフェース機能の検討を行った。

#### (1) ネットワーク構成

ネットワーク構成は、図 6-1 に示すようである。

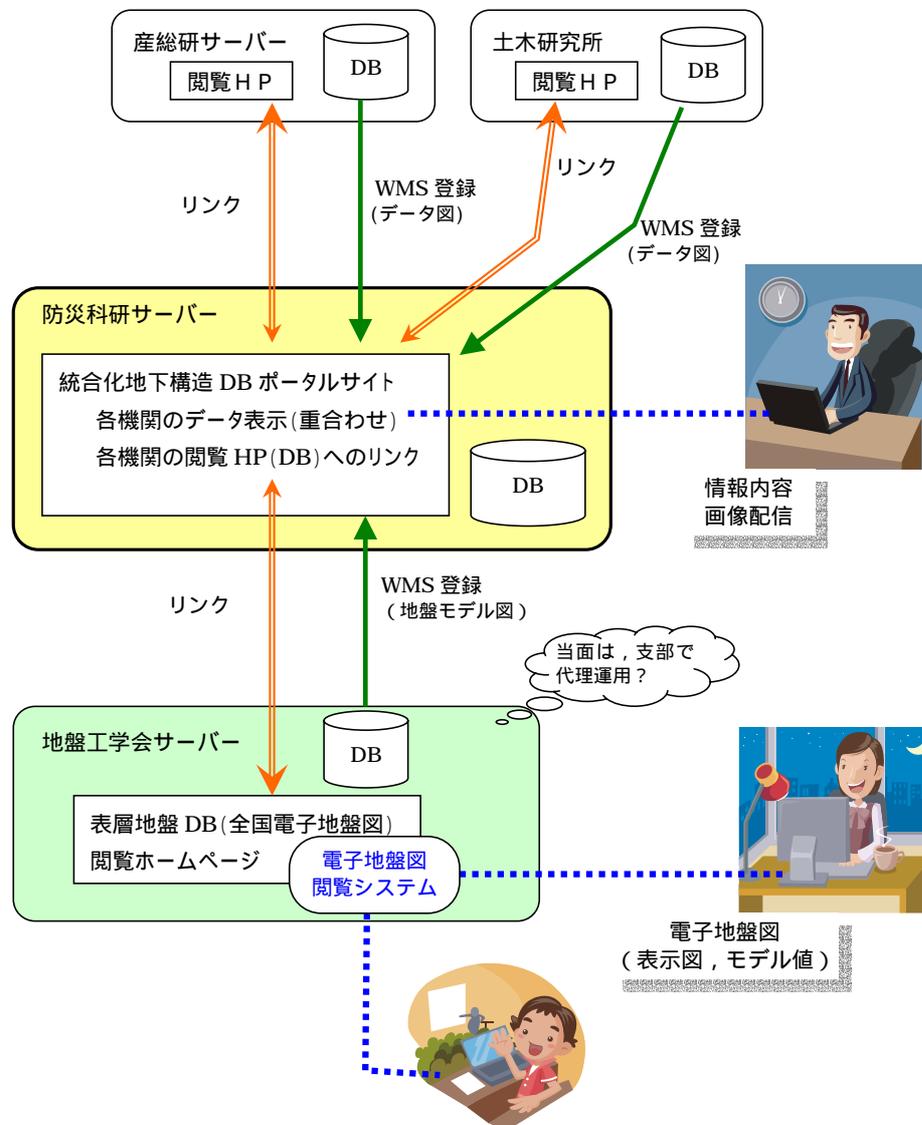


図 6-1 ネットワーク構成

## (2) システム構成

システム構成として、図 6-2 に示す内容を想定した。ここで、地盤モデルの表示は WebGIS により行う。使用する GIS は MapGuide Open source とする。

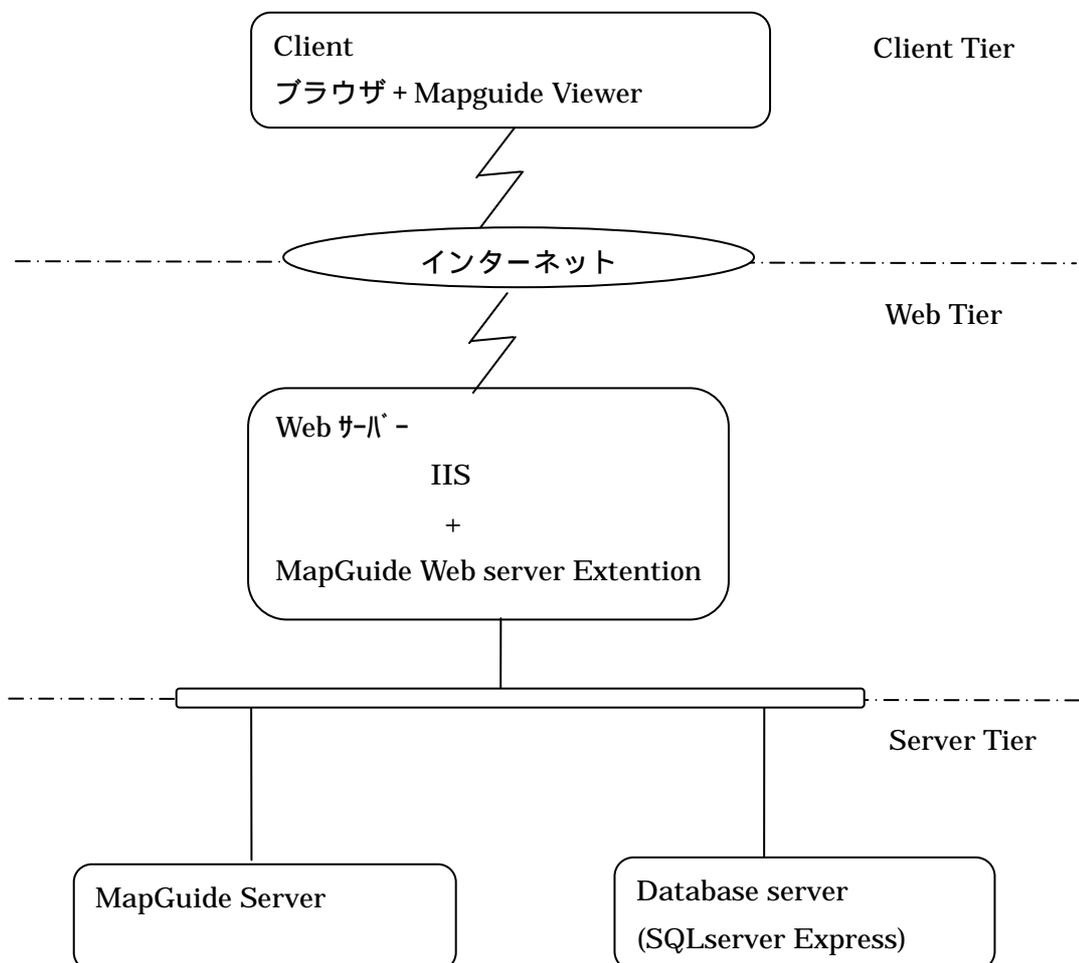


図 6-2 システム構成

### MapGuide Server

MapGuide Open Source のサービスをホストし、TCP/IP プロトコルを介してなされるクライアントアプリケーションからのリクエストに対応する。

### MapGuide Web server Extention

MapGuide Server によって提供されるサービスを、インターネットまたは HTTP プロトコルを使用するイントラネットを介するクライアントアプリケーションへ公開する。

### MapGuide Viewer

プラグインを必要とせず、AJAX テクノロジに基づく DHTML ビューアで Microsoft Internet Explorer、Mozilla Firefox、Safari 上で動作する。

### (3) 機能仕様

#### A. 画面構成

画面構成は図 6-3 のようになる。なお、全国電子地盤図トップページは、地盤工学会または防災科学研究所の Web ページからリンクされる。

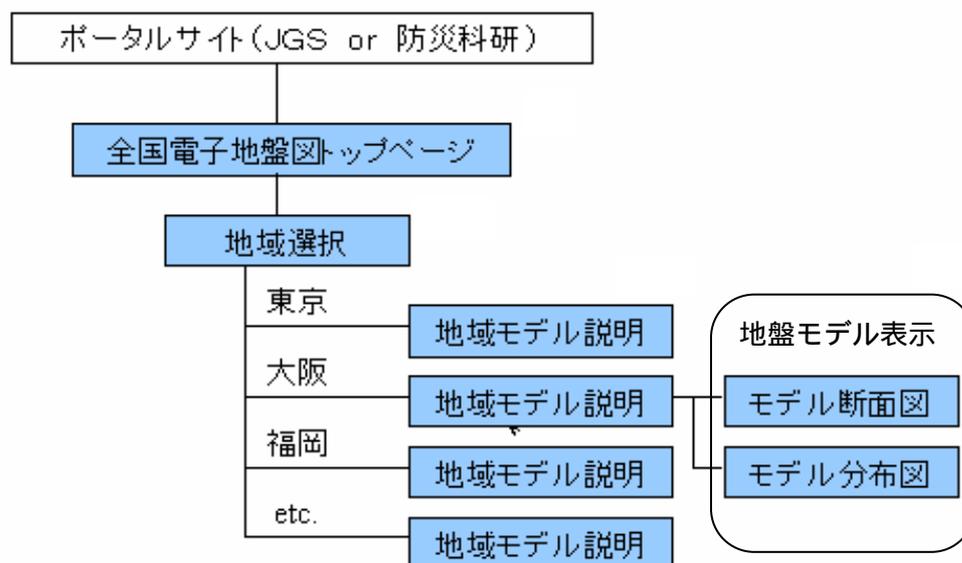
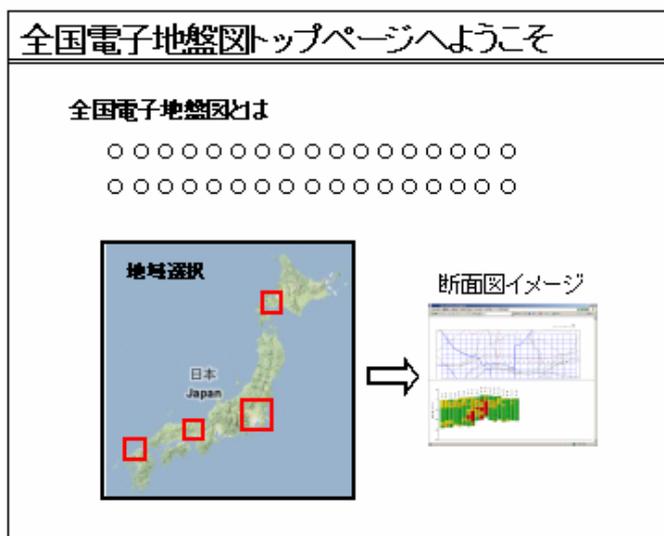


図 6-3 電子地盤図 HP の画面遷移

#### B. 画面遷移

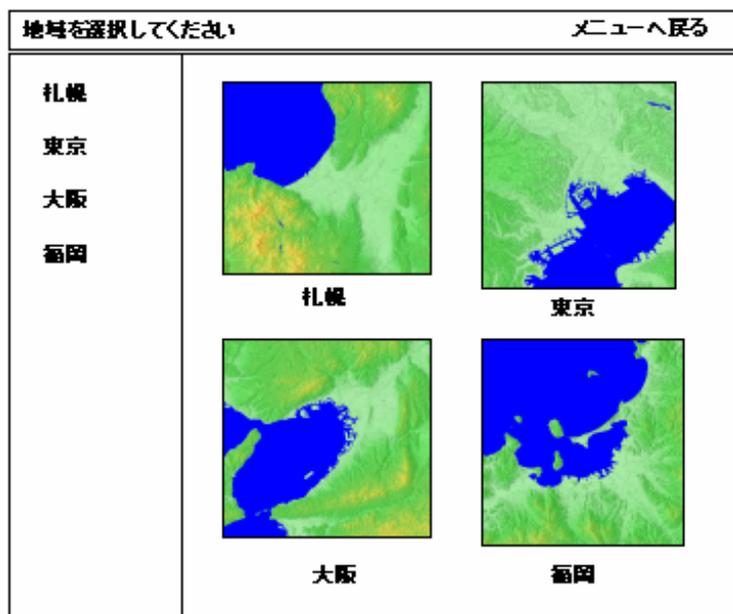
全国電子地盤図トップページ

- ・全国電子地盤図の概略および、このサイトでできることを簡単に説明する。
- ・地域選択画面に移る。



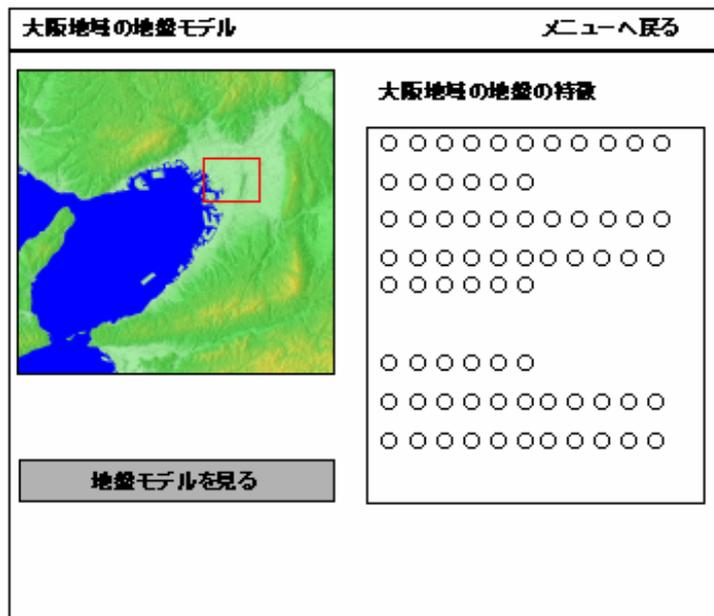
### 地域選択画面

- ・地域名または画像をクリックして、地盤モデルを閲覧する地域を選択する。
- ・各地域の地盤モデル説明画面に移る。



### 地盤モデル説明画面

- ・地域の地盤モデル作成範囲を示す画像を表示する。
- ・地域地盤の特徴などの説明文と簡単な操作方法を表示する。
- ・地盤モデル表示画面に移る。



## C. 表示機能

### 地盤モデル表示画面

- ・ユーザー操作により、地盤モデルの分布表示を行う。

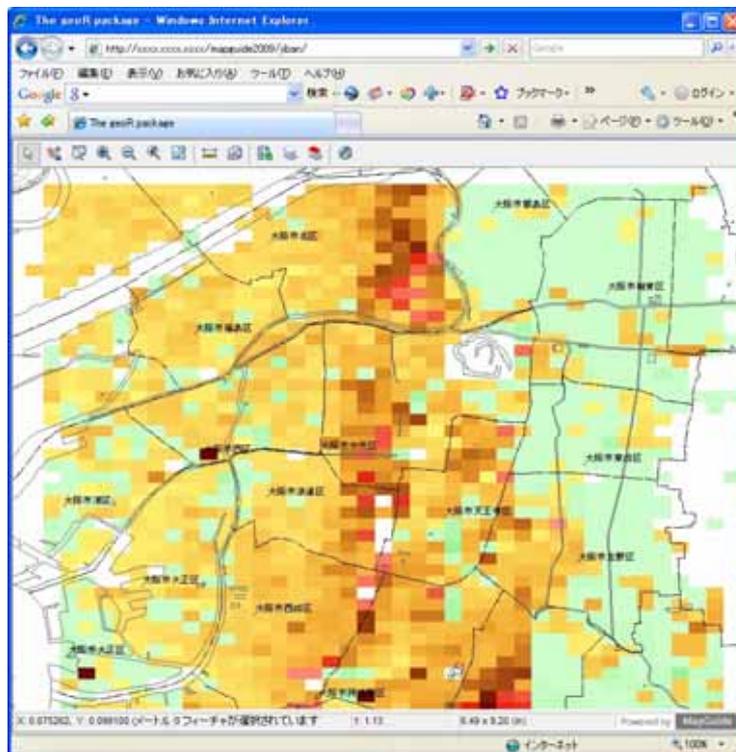


図 6-4 表示画面イメージ

### <機能>

#### 拡大・縮小

マウスおよびコントロールボタンにより、表示エリアの拡大・縮小を行う。

#### 移動

マウスおよびコントロールボタンにより、表示エリアを移動する。

#### 地域検索

一覧から選択された地域に表示エリアを移動する。

#### 表示レイヤーの選択

背景図の表示要素の表示・非表示を選択する。

### 【表示レイヤー】

#### 背景図

└ 1/25000 地形図 ( 国土地理院 数値地図 25000 ( 空間データ基盤 ) )

- └ 地名
- └ 公共施設
- └ 道路区間
- └ 行政界
- └ 水域界
- └ 鉄道

## 分布図表示

### \* 層厚分布表示

- ・沖積層厚の分布表示を行う。層厚は各メッシュのモデル深度とする。

### \* N 値分布表示

- ・優性土質

メッシュ毎に優性土質の N 値平均を計算し、分布表示する。

- ・深度別分布

深度を指定し、その深度の N 値を土層区分毎に色分け分布表示する。

## <色分け>

粘性土 N 値



砂質土 N 値



礫質土 N 値



有機質土・高有機質土 N 値



火山灰性粘性土 N 値



その他

### \* 土質分布

- ・深度別土質分布

深度を指定し、その深度の土質区分を分布表示する。

## <土質区分>

粘性土，砂質土，礫質土，有機質土，火山灰粘性土，高有機質土，人工材

## 【一般向けの表示方法について】

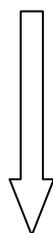
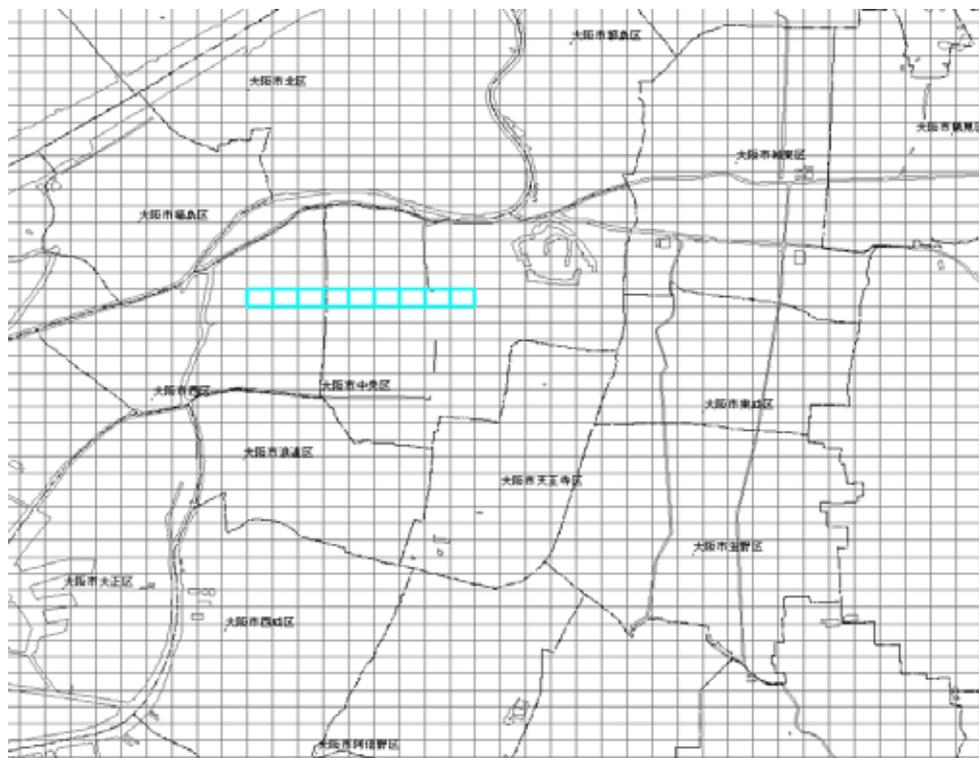
一般の方には、抽象的で良いので、わかりやすい分類で表示する。

## <例>

土質	粘土	砂	礫	
層厚	とても厚い(20m)	厚い(10m)	薄い(5m)	ない
N 値	とても柔らかい	柔らかい	少し硬い	硬い
リスク	揺れやすい	揺れにくい	液状化しやすい	液状化しにくい

### 断面図表示

- ・地盤モデルメッシュを画面上で指定し，選ばれたメッシュの断面図を表示する。



選択されたメッシュの断面図を表示する。  
表示順は西 東または北 南を選択できるようにする。

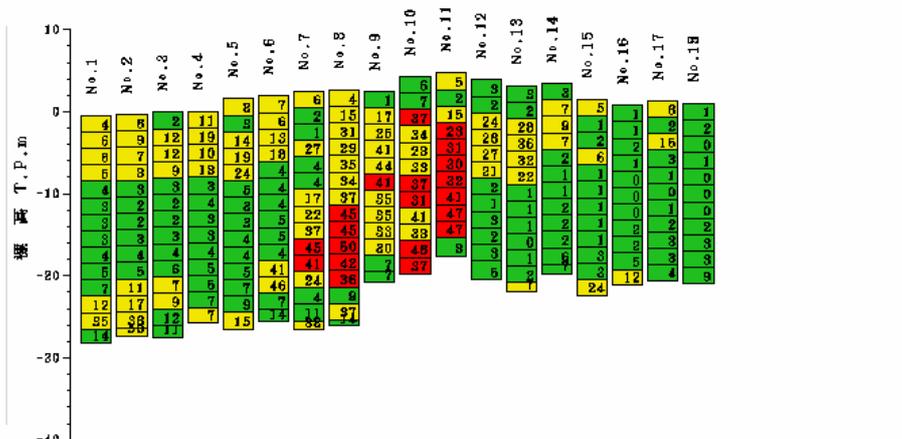


図 6-5 電子地盤図の断面図表示イメージ

#### (4) データ仕様

##### メッシュテーブル

項目名	データ型	内容
メッシュコード (KEY)	テキスト型 12桁	XXXX - XXXX - XX 1 - 4桁 第1次地域区画コード 5桁 “ - ” (ハイフン) 6 - 7桁 第2次地域区画コード 8 - 9桁 第3次地域区画コード 10桁 “ - ” (ハイフン) 11桁 2分の1地域区画コード 12桁 4分の1地域区画コード
始点X座標	実数	経度 (日本測地系)
始点Y座標	実数	緯度 (日本測地系)
終点X座標	実数	経度 (日本測地系)
終点Y座標	実数	緯度 (日本測地系)

##### 地盤モデルテーブル

項目名	データ型	内容
メッシュコード (KEY)	テキスト型 12桁	XXXX - XXXX - XX 1 - 4桁 第1次地域区画コード 5桁 “ - ” (ハイフン) 6 - 7桁 第2次地域区画コード 8 - 9桁 第3次地域区画コード 10桁 “ - ” (ハイフン) 11桁 2分の1地域区画コード 12桁 4分の1地域区画コード
地層ID	整数	1=沖積相当層 2以降は層の拡張用
連番	整数	メッシュコード毎につける深度方向の並び順の番号
標高	実数	地盤モデルの上端の標高(T.P.m)
土質区分コード (KEY)	テキスト型 1桁	地盤モデルの土質区分を表すコード
深度上	実数	地盤モデル細分層の上深度(G.L. - m)
深度上	実数	地盤モデル細分層の上深度(G.L. - m)
平均N値	実数	地盤モデル細分層の平均N値

## 土質区分テーブル

土質区分コード (KEY)	テキスト型 1桁	地盤モデルの土質区分を表すコード
土質区分名	テキスト型 80桁	土質区分名称

土質区分コード	土質区分名
S	砂質土
C	粘性土 (粘土・シルト)
G	礫質土
O	有機質土
V	火山灰性粘性土
P	高有機質土 (ピート・泥炭)
A	人工材料 (盛土・埋土)
R	岩盤

## 6.2 基礎作成

基本設計に基づき、地盤モデルの分布表示機能の試作を行った。

### (1) データ試登録

表示レイヤーの作成と地盤モデルのデータベースへの登録を行った。

#### 背景図

国土地理院 数値地図 25000 をシェープファイルに変換し、GISへの登録を行った。

#### 表示メッシュ

メッシュテーブルをもとに、メッシュポリゴン (シェープファイル) を作成した。座標値は、世界測地系とした。

#### 地盤モデル

地盤モデルテーブル・メッシュテーブル・土質区分テーブル (MDB) のデータベースへの登録を行った。

## ( 2 ) 表示 GIS 試作成

### A . 環境

以下のとおりとした。

#### 【サーバスペック】

CPU : Opteron 1210

メモリ : 2560 MB

#### 【ソフト】

\* MapGuideEnterprise ( オープンソースにAutodeskサポートをつけたもの ) を利用。

Windows Server 2003 R2

Autodesk MapGuide Server

Autodesk MapGuide Web Server Extensions

Autodesk MapGuide ライセンスマネージャー

Autodesk MapGuide Studio

Microsoft SQL Server 2005 Express

Microsoft SQL Server 2005 Express Studio

NOD32 アンチウイルス

### B . 作成手順

以下の手順で GIS 環境を作成した。

Autodesk Civil3D にデータを登録し , GIS 環境を構築。

Autodesk MapGuide Studio により での構築環境( DWG )を MapGuide に登録。

分布主題図を作成 ( N 値分布 , 土質分布 )

## ( 3 ) 表示結果

以下の各分布主題図を試作し , 表示テストを行った。

任意深度の土質分布 [ 図 6-6 , 図 6-7 ]

任意深度の土質毎に ( 粘性土 , 砂 , 礫 ) , 配色を変えて表示する。

任意深度のN値分布 [ 図 6-8 , 図 6-9 ]

・土質毎に ( 粘性土 , 砂 , 礫 ) , 配色を変えて ( 緑系 , 黄系 , 赤系 ) , N 値に対してグラ  
ディエーションをつけて表示する。

・また , 凡例は専門家向けには実値 ( N = \* \* ~ \* \* ) で , 一般向けにはイメージ ( 硬  
い , 柔らかいなど ) を併記して表示する。

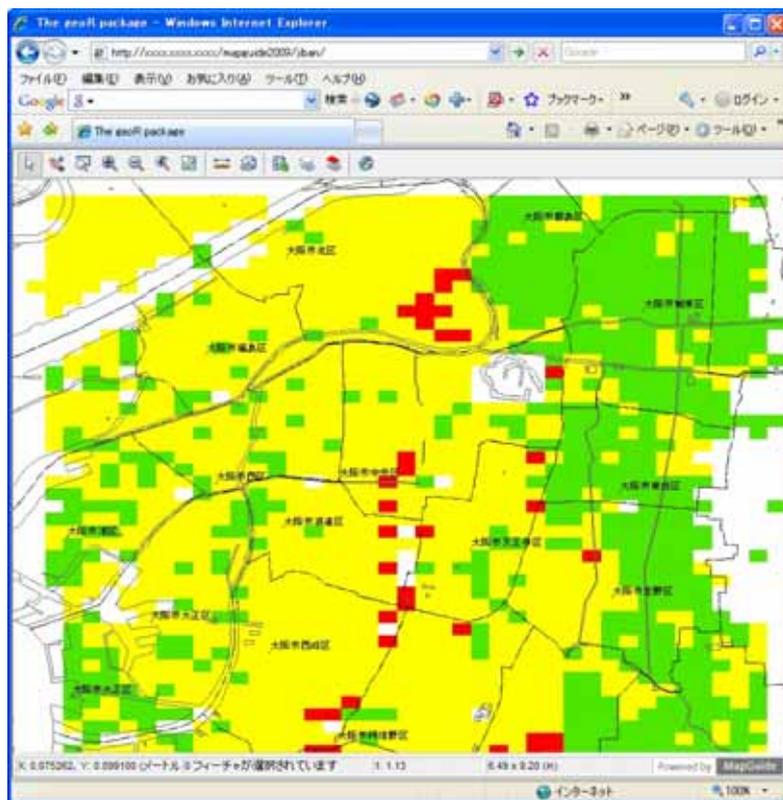


図 6-6 表示例：深度 5m の土質分布

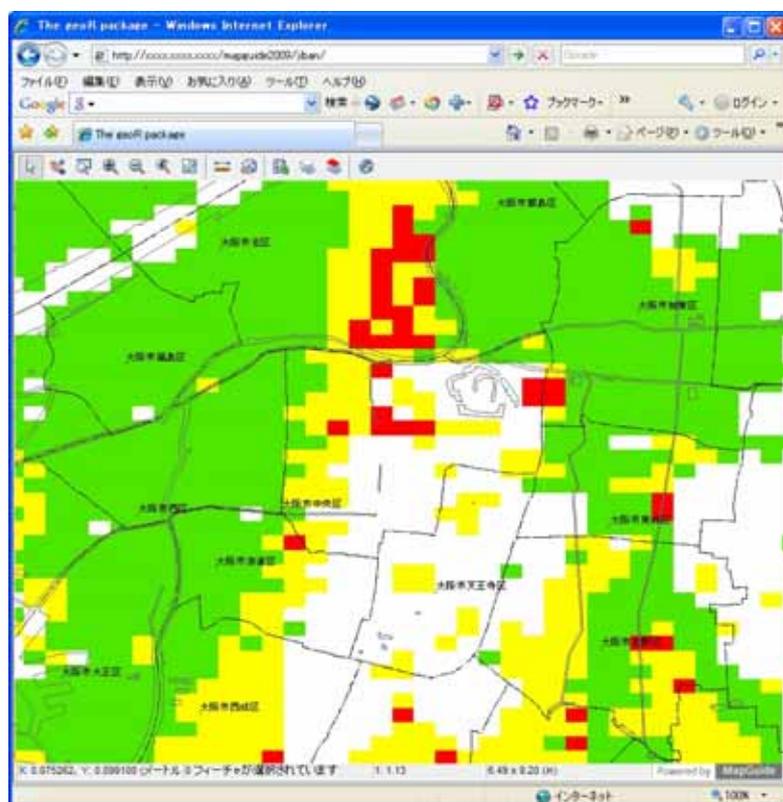


図 6-7 表示例：深度 10m の土質分布

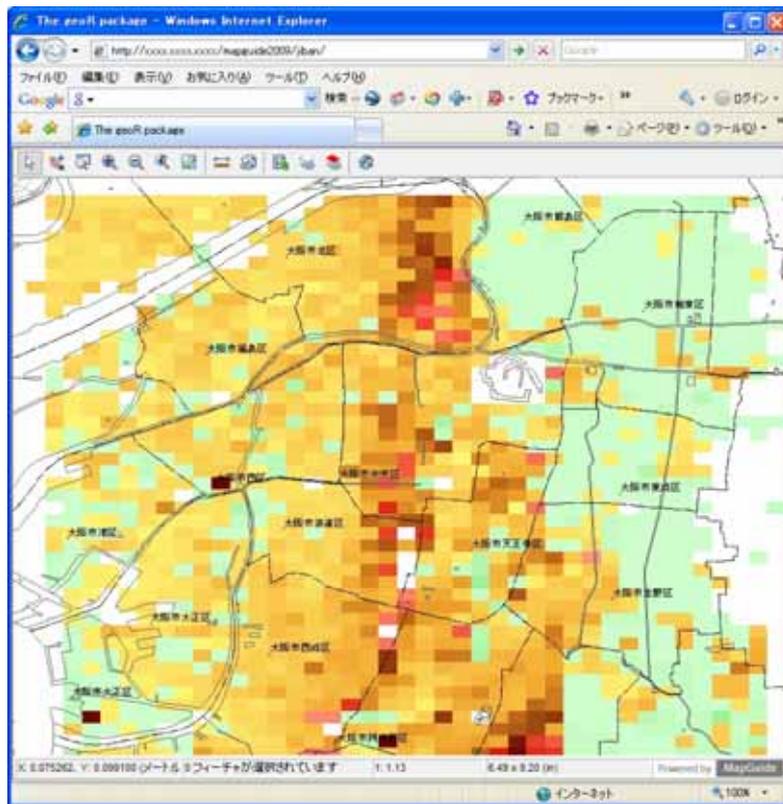


図 6-8 表示例：深度 5m の N 値分布

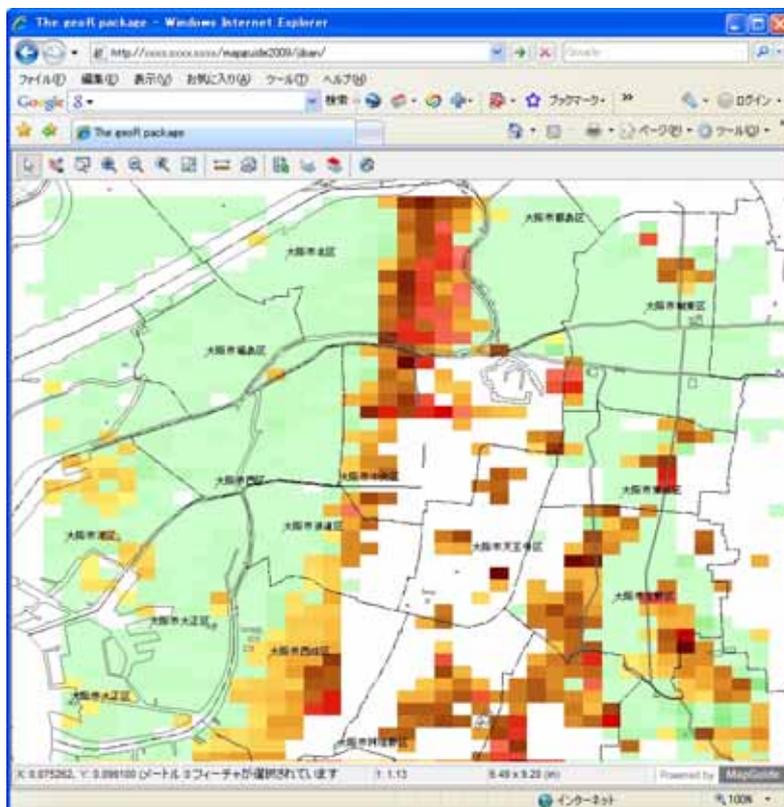


図 6-9 表示例：深度 10m の N 値分布

## 6.3 システム構築の課題

### (1) 構築に向けての課題

#### A. 電子地盤図に対する見方

本閲覧システムは一般ユーザーも対象とする公開システムである。通常、地盤の情報は、技術者には地域地盤特性（地層構成と土質特性の概要）の把握、地震防災上の検討（表層地震応答解析、液状化予測）、建設活動上の検討（問題点の抽出、沈下予測、安定解析）等の種々の技術的検討のための基礎資料として位置づけられる。一方で、一般ユーザーが求める情報は、技術的ではなく、技術的検討の評価結果に相当する情報に注目していると考えられる。たとえば、地震に対しての安全性（または危険度、リスク）や地域における地盤の良質性のような情報である。

このような視点の違い（幅広さ）は、「電子地盤図」に対する見方を考えたときに考慮すべき点である。ここでは、以下のような2種類の情報提供を想定する。なお、この情報の提供方法については、システムを構築する段階で、更に吟味が必要である。

- (a) 地域の地盤概要の閲覧      技術者から一般ユーザーまでを対象と考える。
- (b) 地盤モデル情報の閲覧      技術者のみを対象に考える。

#### B. 分かりやすさと使いやすさ

##### 可視化表現

特に、(a)の閲覧については、一般ユーザーも対象となるので、解釈された情報などの分かりやすい表現や専門用語の解説をつけるなどの工夫が有効である。その一つとして、可視化表現は有効な手段ではあるが、地上の3D景観表示等に比べると、地下空間を分かりやすく表現することは容易でない。また、技術者には理解できるが一般ユーザーには理解できないということも、基礎知識に大きな差があるので当然生じる。したがって、色彩表現やボリューム的表現を組み合わせる内容をイメージ的に補足する手法をまずは基本に採用し、以後、段階的に表現機能の開発・補充を図るように進めることが適当と考えられる。

##### 動作速度

情報を閲覧する動作速度の速さは、ユーザーの興味をこのシステムの中に引き込むという意味でも極めて重要である。そこに貴重な情報が存在することが分かっているにもかかわらず、レスポンスの遅いシステムに対してはストレスが蓄積して、閲覧意欲を阻害することになる。

この問題は、システム機能自体の設計上の効率性の問題とサーバー能力に依存する問題でもある。後者については、一度にアクセスが集中すると使用速度の低下を招く恐れがあるので、アクセス数に応じた機器の増強やアクセス制限などの処置が必要になる。

## C. データの管理

### データのメンテナンス

全国電子地盤図は、各地域において順次、構築・更新されるものである。したがって、情報の更新や追加に即時にかつ容易に対応できるようにシステムを構築する必要がある。

### データの連携

本閲覧システム（電子地盤図情報システム）は、図分散管理型システムによる地下構造データベースの一部として連携することになる。したがって、図 6-10 に示すように、ポータルサイトに対する情報連携用のデータ作成機能が必要である。

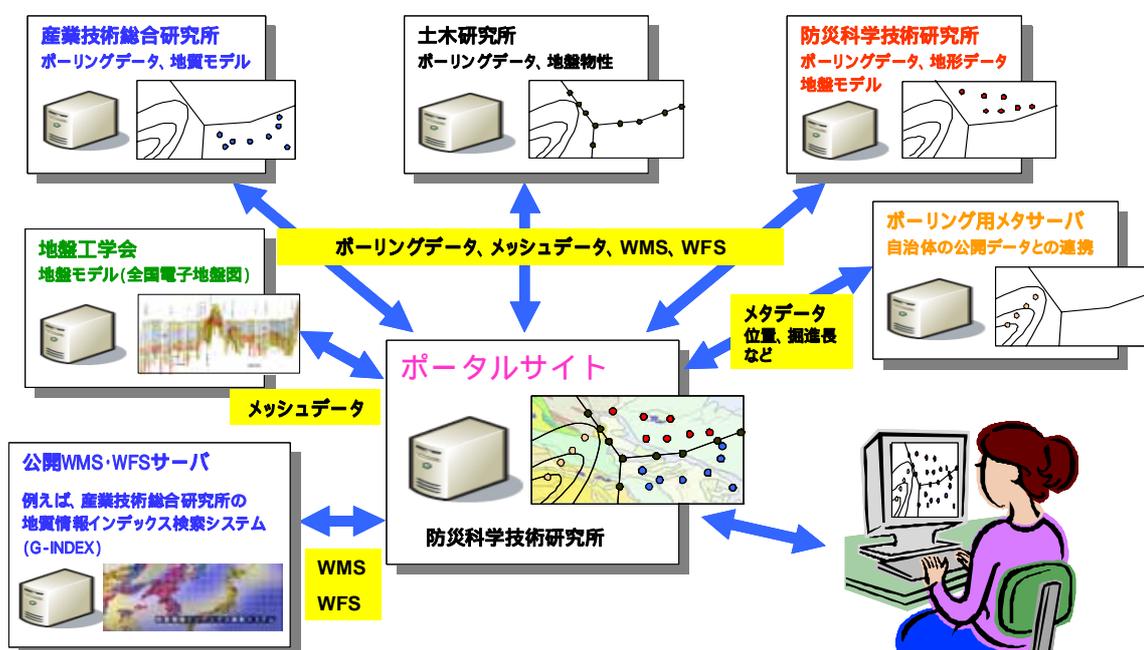


図 6-10 分散管理型システムによる地下構造データベースの連携

## D. その他

### セキュリティ

システムへの不正アクセスへの対応が必要である。つまり、外部からの意図的なデータ破壊や、サーバーシステムが設置される地盤工学会のネットワークシステムへの障害の発生へのセキュリティ対応が必須となる。

### 拡張性

本閲覧システムは、電子地盤図の初期公開でもあるので、さまざまな改良・追加の要望が発生すると考えられる。そのために、できる範囲で今後のシステム拡張に対応しやすい構成に配慮しておく必要がある。

## (2) システム構築の仕様(案)

次段階のシステム構築のための仕様(案)を以下にまとめる。

### 目的

表層地盤情報データベース連携システムより、「全国電子地盤図」の地盤情報を、技術者・研究者や一般のユーザーに公開するためのシステム構築を支援する。平成 20 年度検討による“一般ユーザーが全国電子地盤図を閲覧する時に必要なユーザーインターフェース”の web システム化のため、以下の機能を持つシステムの構築と設置を支援する。

### 動作環境

- ・ webGIS を用いてネットワーク上で実現する。
- ・ 必要なサーバー環境は提供する。

### 実現機能

- ・ デジタル地図表示制御機能
- ・ 地盤モデルの表示機能(平面分布図, 断面図)
- ・ 地盤モデルのダウンロード機能

### システムの構築

- ・ サーバーの構築(Web, GIS, DB)
- ・ 操作インターフェース・GIS 機能(地図制御, 分布表示)の作成
- ・ 断面図表示機能の作成
- ・ ダウンロード機能の作成
- ・ 動作確認

## 7. 電子地盤図システムの実証試験 - 斜面地盤への適用 -

### 7.1 概要

#### (1) 検討概要

国内の各地域における特徴的な地盤を対象に、「表層地盤情報データベース連携システム」の要素技術として開発した「電子地盤図作成支援システム」の実証試験を実施し、その結果を同連携システムの更なる高度化にフィードバックした。

四国地域における丘陵地等の斜面地盤として松山平野を選択し、その対象地域における斜面地盤に対して、その代表的な区域を設定して、「電子地盤図作成支援システム」を適用した。その結果より、「表層地盤情報データベース連携システム」の構築における有効性を確認するとともに、同種地盤における運用上の問題点を抽出した。

#### (2) 四国電子地盤図作成検討委員会

本検討においては、四国地域代表地区の電子地盤図の作成を主導することを目的に、地盤工学会四国支部およびSG-R（四国地盤情報活用協議会研究部会）との共催で「四国電子地盤図作成検討委員会（委員長：矢田部龍一，愛媛大学教授）」を設置して実施した。表7-1に、委員構成を示す。

表7-1 四国電子地盤図作成検討委員会

	氏名	所属	備考
委員長	矢田部 龍一	愛媛大学大学院理工学研究科 教授	本部委員会支部委員
委員	長谷川 修一	香川大学工学部 教授	地盤工学会 & 四国地盤情報活用協議会研究会(SG-R)
委員	山中 稔	香川大学工学部 准教授	地盤工学会 & SG-R
委員	吉村 和司	(株)荒谷建設コンサルタント 次長	地盤工学会
委員	吉村 洋	阿南高専建設システム工学科 准教授	地盤工学会 & SG-R
委員	中村 和弘	株式会社 相愛 専務取締役	地盤工学会 & SG-R
委員	高橋 治郎	愛媛大学教育学部 教授	SG-R
委員	須賀 幸一	愛媛県技術士会 会長	地盤工学会 & SG-R
委員	廣田 清治	愛媛大学防災情報研究センター 研究員	地盤工学会 & SG-R
委員	ネトラ・バンダリー	愛媛大学大学院理工学研究科 助教	地盤工学会 & SG-R
委員	山本 浩司	(財)地域地盤環境研究所 主席研究員	地盤工学会 & SG-R

## 7.2 対象地域と地盤特性の概要

### (1) 検討対象地域

四国はプレートの付加体によって形成された山岳地形を呈し、地盤環境が急峻な地形と脆弱な地質からなるため、地震や洪水などの自然災害のリスクが高い地域である。その中より四国地域の斜面性を有する地盤として、松山平野地盤を検討対象とした。松山平野は、**図 7-1, 7-2**に見られるように海側に沖積低地が広がり、5~15km 内陸側に扇状地、洪積台地、山地・丘陵の斜面性の地盤が分布する。山地からは重信川を中心に石手川や小野川が流下・合流する地域である。

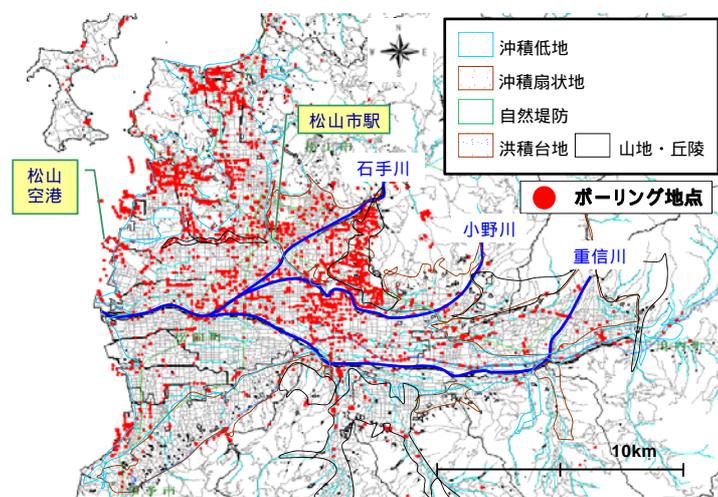


図 7-1 松山平野の表層地質とボーリング位置

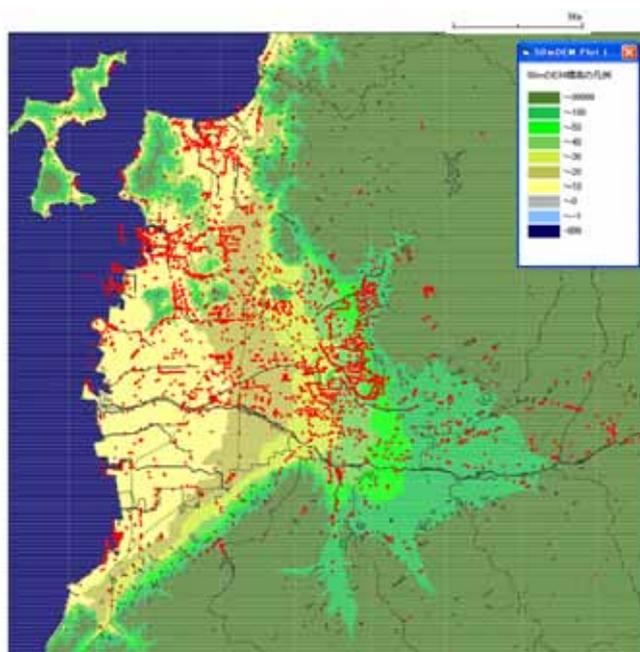


図 7-2 松山平野の地形とボーリング位置

## (2) ボーリングデータ(四国地盤情報データベース等)

南海地震の襲来が約30年後に迫ると予想される中で、建設工事を安全、より経済的に進めることや災害復旧のような緊急時の対応や巨大地震への対応の備えに資することを目的として、四国地盤情報データベース(四国地盤情報活用協議会)が構築された(矢田部ほか,2005)。

今回の実証試験で対象とする松山平野においては、2003年に平野地盤の全体を捉えた松山地盤図(愛媛県建設研究所,2003)が作成され、その研究活動が地盤情報のデータベース化の発端となっている。その後、愛媛大学においてデータベースの拡張が毎年、継続的に実施され、2008年までに約2500本のボーリングデータベースが構築された(高橋ほか,2004)。現在、他機関のものを含めると、約3500本のボーリングデータが四国地盤情報データベースの一部として集積されている。図7-3に今回の検討に用いたボーリングデータの位置を示す。また、前出の図7-1と7-2の表層地質図と地形図の上にも同様に示した。

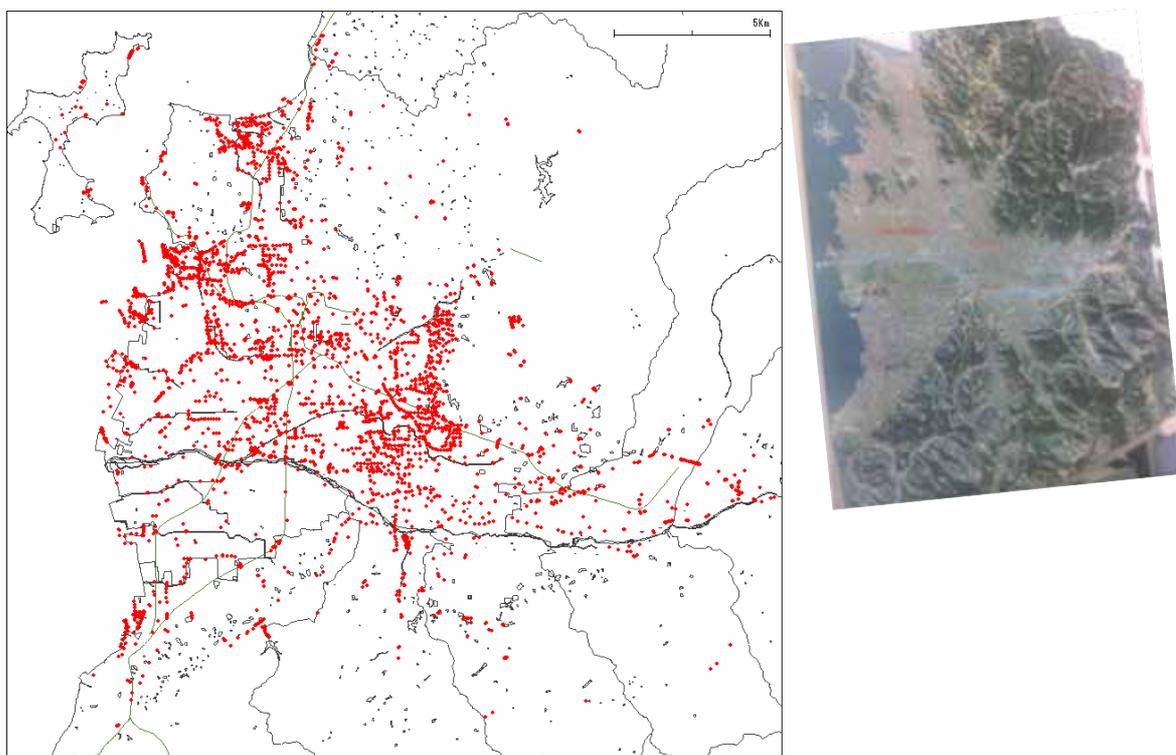


図7-3 検討に用いたボーリングデータの位置図(四国地盤情報データベースほか)

### (3) 地盤概要と沖積層の区分

#### A. 愛媛県沖積低地の地質の種類

愛媛県のいわゆる沖積地盤で比較的ボーリングデータが整っている地域は、新居浜市、西条市、今治市を含めた瀬戸内海沿岸の平野、伊予灘に面した松山平野、宇和島地域、および肱川の流域にあたる大洲地域があげられる。

このうち、地質構造区分により愛媛県内の沖積地盤の分布の特徴をとらえると、北から花崗岩類が分布する領家帯に属する今治地域、和泉層群の砂岩・泥岩互層が分布する川之江市から西条市に掛けての瀬戸内沿岸の平野、そして領家帯および和泉層群の両方の地層が分布する松山平野の地域があげられる。また、肱川流域では鹿野川ダム上流で秩父帯の砂岩・泥岩互層、その下流で三波川の結晶片岩（泥質片岩および緑色片岩）が分布しており、盆地を形成する大洲地域は御荷鉾緑色岩類と三波川帯の泥質片岩が基盤岩となる。宇和島地域は四万十累帯の砂岩および泥岩を主とした地質が分布しており、それらが削剥・運搬され沖積低地を形成している。

#### B. 松山平野の沖積地盤の区分の仕方

松山平野の沖積地盤の区分は、榊原ほか（2002）および愛媛県建設研究所（2003）により、構成土質の特徴から表7-2のように区分されている。しかしながら、いわゆる土質工学で一般的に用いる沖積層と洪積層の境界（約1万8,000年前）をすべてのボーリングデータで決めるのは困難である。それは、ボーリング長さが短いものが多いということ以外に、鍵層となる火山灰の連続性が悪いことや、重信川、石手川による堆積物の層相が水平方向に著しい変化すること、扇状地堆積物の礫層とそれより下位の砂礫でN値が類似していることなどの理由による。

したがって、以上の理由から、今回の電子地盤図作成においては、沖積層を上部と下部に2区分し、その境界（上部沖積層下面）を対象の沖積層として表現することとした。なお、層厚的には下部沖積層は上部沖積層層に比べて薄いので、上部層の情報から松山平野全体の分布状況をとらえることができる。また、境界部の下部層の礫層はN値40以上で良く締まっており、工学的基盤としての意味合いも有している。海進・海退の概念（図7-5）および微地形の情報（図7-6）を地盤区分に活用した。区分の指標となる沖積層の特徴は次のとおりである。

#### 【沖積層の特徴】

上部沖積層の鍵層として火山灰（アカホヤ）を含む。

上部沖積層は海進期の比較的細粒な堆積物と海退期の比較的粗粒な堆積物が連続的に見られる（海岸に近い低地）。上部沖積層は海進が（再び）始まる細粒な堆積物の層準が最下層となる箇所もある。

上部沖積層は重信川流域では海退期に粗粒な礫層が最上部に載る地点がある（海岸からやや内陸部に入ったところ、標高では5～10m程度の箇所）。

上部沖積層は海進期の潟の堆積物と見られる有機質土を含む層準が多い。  
 下部沖積層の上面（上部・下部の境界）は礫層の上面であることが多く、N値は40を越し全体の堆積構造は平坦～緩傾斜を示す。礫層は火山灰の下方でN値40前後のもので安定的に高い数値を示す。同層準で部分的に低いN値を示す礫層もある。

表7-2 松山平野における第四系の層所と地層の特徴  
 （榊原ほか，2002 および愛媛県建設研究所，2003 から作表）

年代	氷河期	海面変動		地質時代と(地層)	工学的区分	地層区分	特徴
現在 約6000年前	後氷期	ほぼ安定 0m		完新世 (上部 完新統)	沖積層	上部沖積層	砂からシルトまでの細粒堆積物を主とし、黒色腐食質粘土層を含む。
約10000年前		- 40m		完新世 (下部 完新統)			海岸部では貝殻を混入した砂質層が多い。平野内部では砂から礫の堆積層が主体である。アカホヤ火山灰を含む。
約18000年前	ヴェルム氷期	- 140m		更新世 (上部 更新統)	洪積層	下部沖積層	全体的に粗粒で淘汰が悪い。平野内部では玉石を含む礫層を主体とする。
		最低位海面	海面低下	更新世 (下部 更新統)			先沖積層

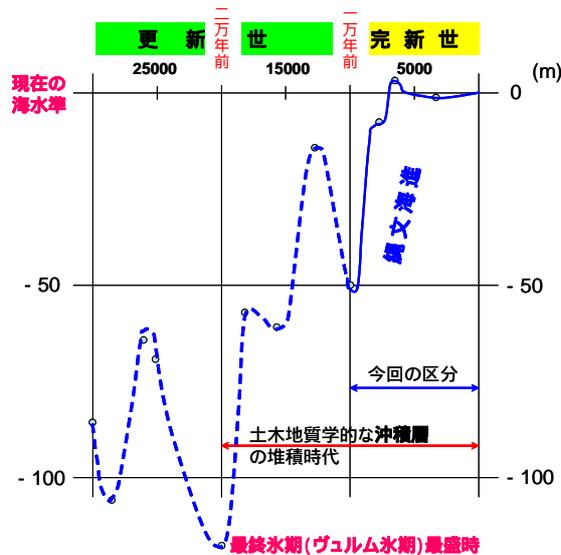
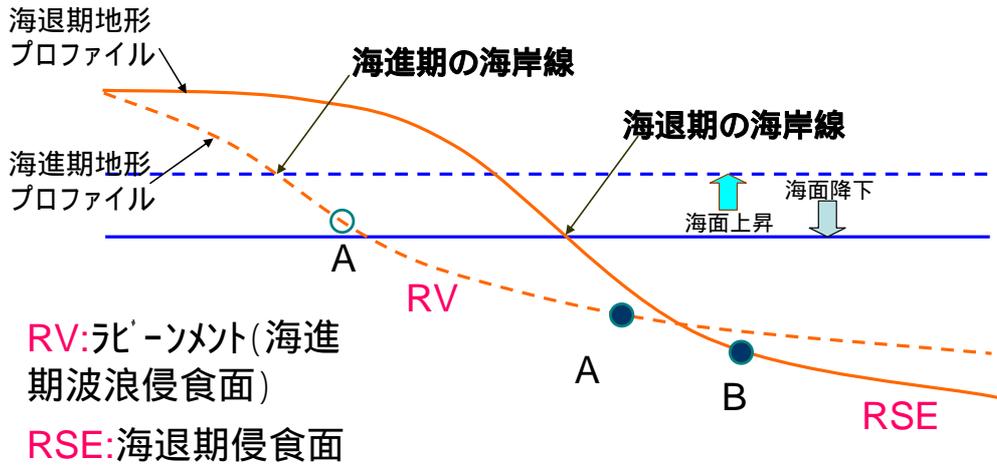


図7-4 海水準の変化（貝塚,1976改）



**A点:** レベルになると、海浜堆積物や潟堆積物は大量に削られる。潟や砂丘あるいは河川堆積物の上へ、外浜上部の碎屑物が重なる。

**A点:** レベルで外浜上部付近の堆積相、レベルで深い海底の堆積相を示す。海進に伴い、粗粒堆積物から細粒堆積物へと急激な粒径変化がみられる。

**B点:** レベル時は外浜中部の堆積環境、レベルになると細かい碎屑物を削る侵食作用が先行する。粒径の大きな碎屑物がこの侵食面に重なる。

図 7-5 海進・海退に伴う沿岸部における侵食・堆積作用を表した模式図 (八木下, 2002 を改変)

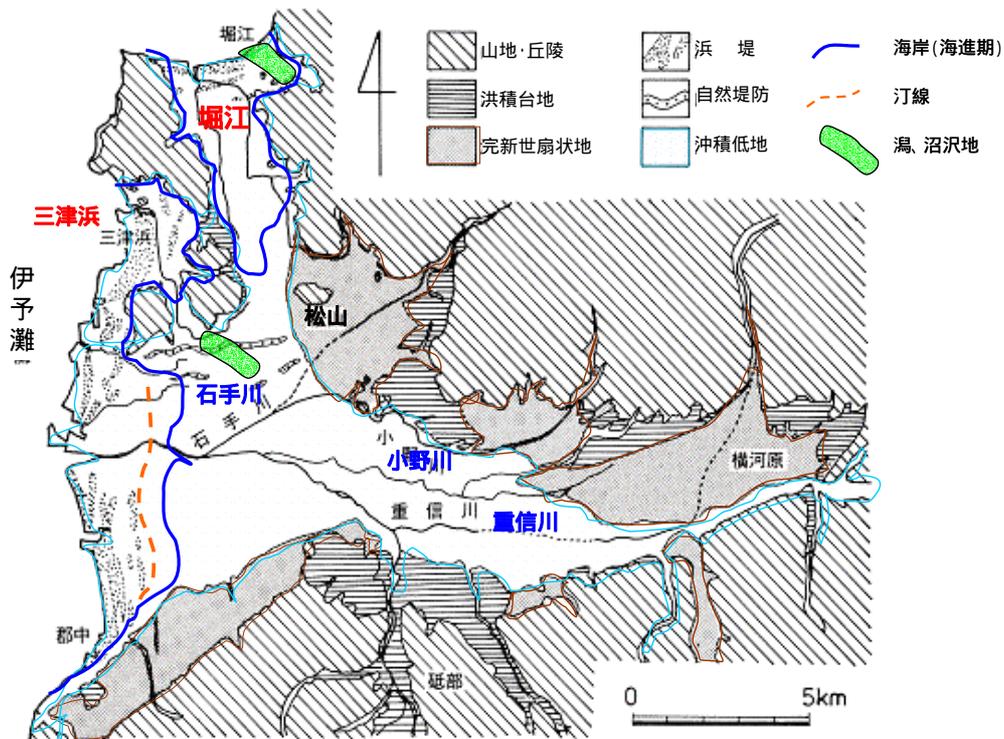


図 7-6 松山平野の縄文海進時の汀線と微地形 (平井, 1989 に加筆)

### C . 松山地域の地盤特性

以上の地質区分と解釈に従い，図 7-7 の 3 地区に着目して松山地域の地盤特性を概観する。

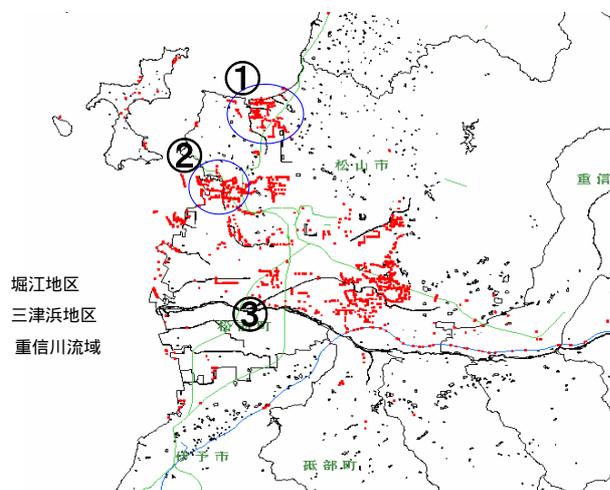


図 7-7 地盤特性を概観する 3 地区

#### 【堀江地区】( 図 7-8 ~ 図 7-10 参照 )

堀江地区は堀江地溝帯(堀江低地)で特徴づけられる北北東 - 南南西方向の細長い地形を示す。ここでは火山灰(アカホヤに対比)の保存が比較的良好で，地層の連続性を小範囲に追うことができる。火山灰が見られる深度は堀江海岸方面でのボーリング試料で GL - 4 ~ - 6m である。地溝帯の南では内湾的性格が強まり細粒分が多くなる。また，地溝帯の基盤岩深度は確認できない。上・下部沖積層境界より上位の堆積物は砂を主体としシルトと礫層および有機物を含むシルト～粘土層を挟在する。境界深度は堀江海岸付近で GL - 20 ~ - 30m であり，地溝帯の東側で急激に深くなり基盤岩深度は確認できない。なお，この低地は，かつて石手川が城北地区を経て堀江方面へ流下し，形成された氾濫原であると考えられている( 榊原ほか 2002 )。

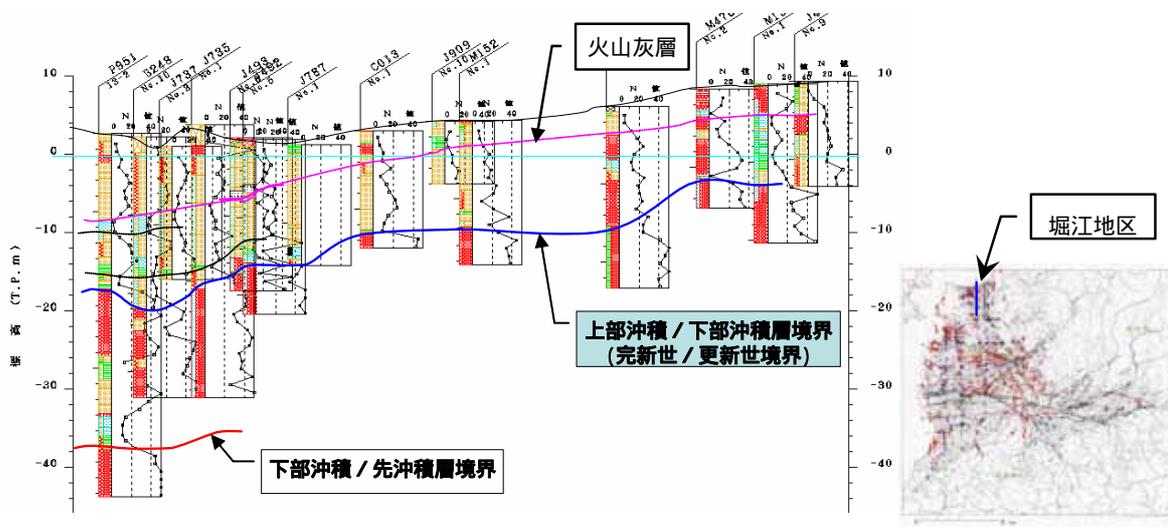


図 7-8 堀江地区の南北断面

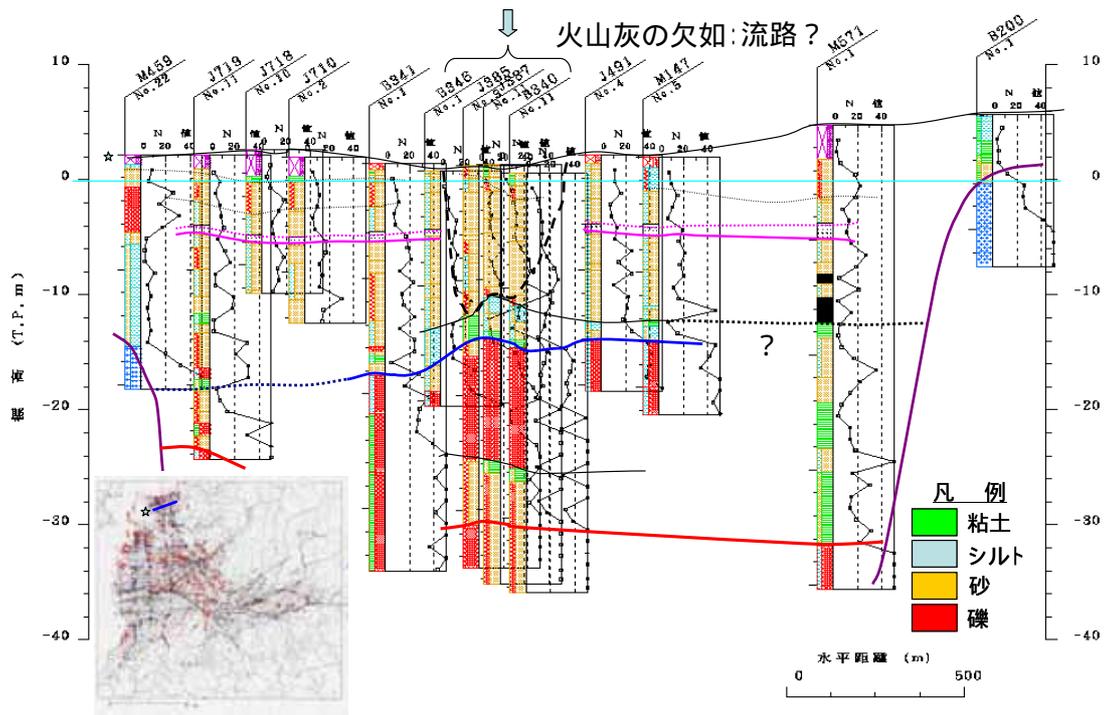


図 7-9 堀江地区の東西断面

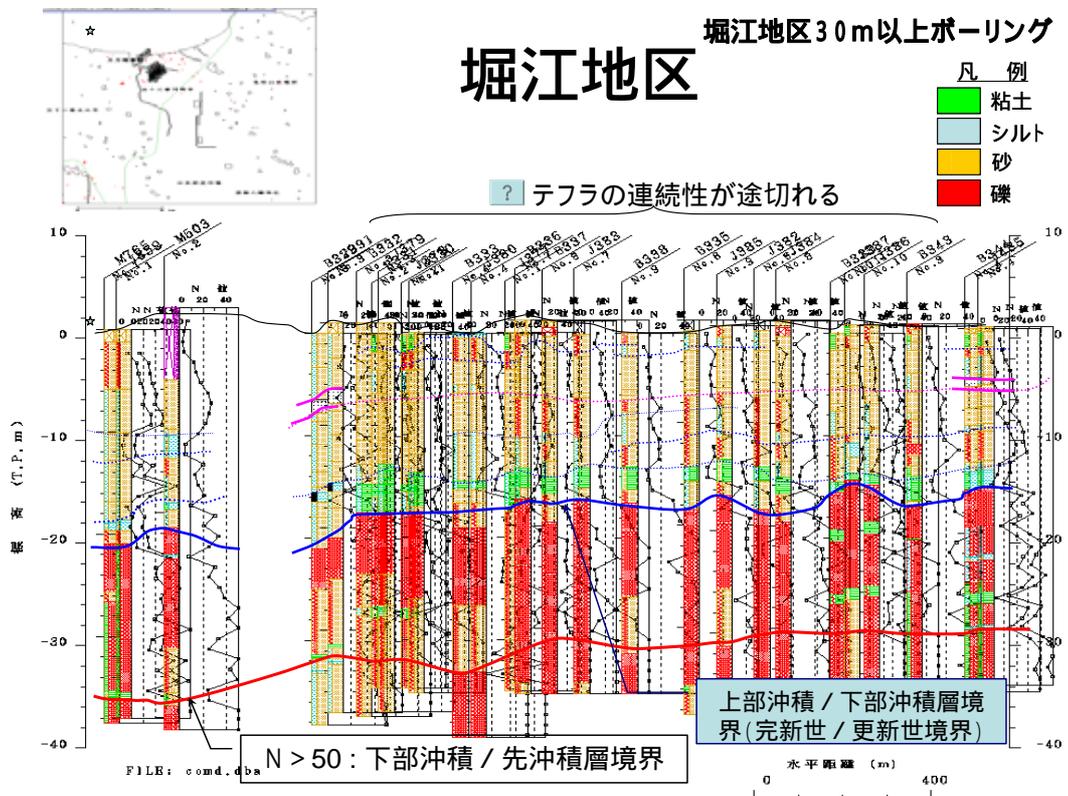


図 7-10 堀江地区の調査長 30m 以上のボ - リング

【三津浜地区】( 図 7-11 参照 )

三津浜は伊予灘に面しており ,上・下部沖積層境界より上位の堆積物は砂を主体としている。基盤岩は山側(東側)で GL - 20 ~ 30m で北に深くなる。また海側では GL - 60m よりも基盤岩深度は深くなる。堆積物では ,深度 GL - 20m 付近を境に下位で粘土 ,シルト ( N 値でほぼ 20 以上 ) ,砂の細互層からなり ,上位は砂がちの堆積物で構成される。

この地区では火山灰が確認できず ( 現時点では ) ,また厚い河川から堆積されるような礫層も見られないので ,ラビーンメント ( 海進期波浪侵食面 ; 図 7-5 参照 ) を上述の粘土 ,シルト ,砂の細互層と砂層の境界とし ,上・下部沖積層境界とした。

## 三津浜地区

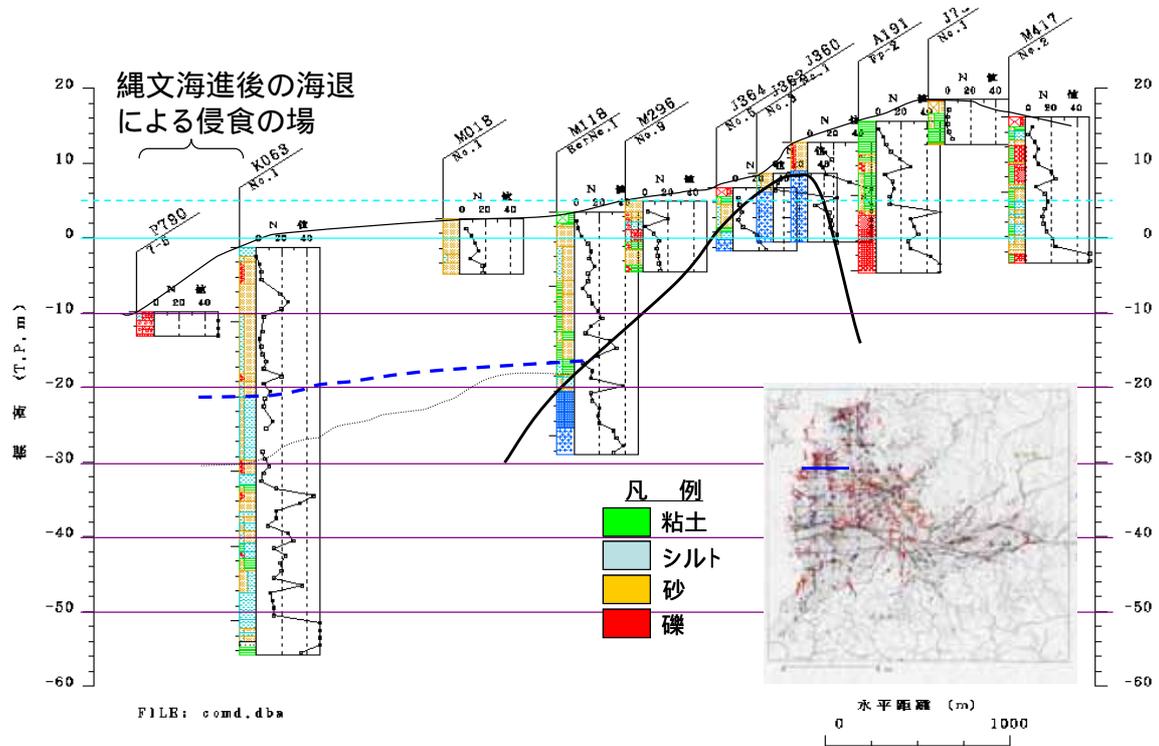


図 7-11 三津浜地区の東西断面

【重信川流域】( 図 7-12 ~ 図 7-14 参照 )

重信川における上・下部沖積層境界より上位の堆積物は、河口付近で砂、中流域でシルト、上流域で礫が特徴的にみられる。上・下部沖積層境界は 10 ~ 20m 程度の層厚をもっている。河口付近では海進期の堆積物として粘土、シルト、砂の細互層が見られる。重信川河口右岸では砂がちとなり、河口左岸ではシルトがちとなる堆積物で占める。

榊原 (2006) は、松山空港の東約 1km 程度にある松山市消防署西部支所で掘削されたボーリング試料 B-1 ( l=129m ) の花粉分析を行い、フウ属の花粉化石の出現記録から深度 70m 以深は更新世前期後半以前に対比させ、照葉樹林構成種の花粉が断続的に検出されたことから深度約 14m 以浅の堆積物は完新世に相当すると考えている。このことは、重信川流域を層相で区分した上・下部沖積層境界 ( 完新世の始まり ) が 10 ~ 20m 程度の層厚をもっていることとも合致する。

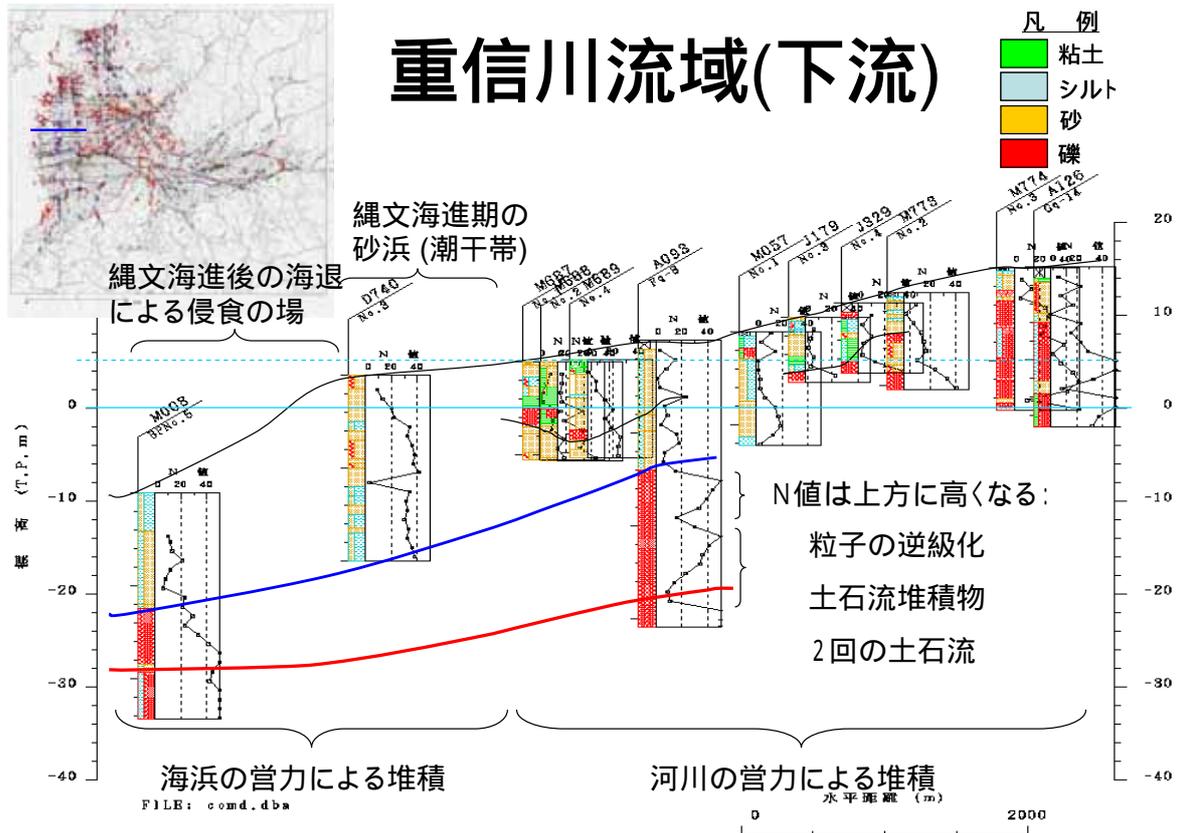


図 7-12 重信川流域 ( 下流 ) の東西断面

## 重信川流域 (石手川扇状地)

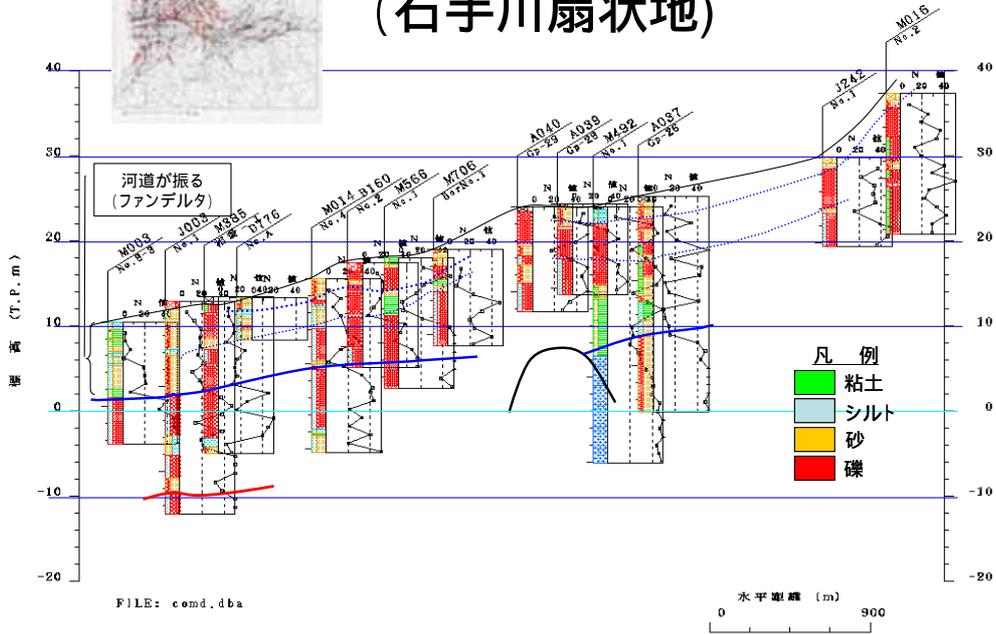


図 7-13 重信川流域 (石手川扇状地) の東西断面

## 重信川流域(上流)

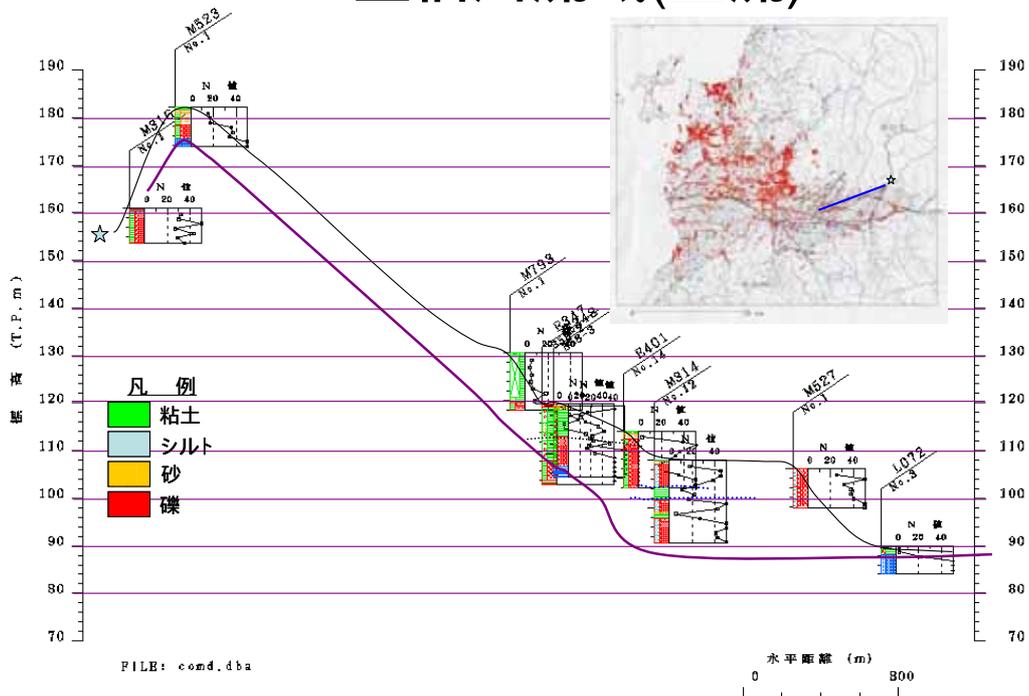


図 7-14 重信川流域 (上流) の東西断面

## D．松山平野の沖積層の区分

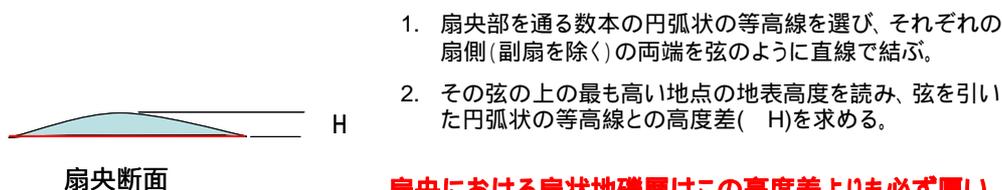
以上より，松山平野の沖積層（モデル化対象層）の同定方法について，完新統区分および斜面地盤への適応上の注意点をまとめると，以下のとおりである。

### 完新統区分の注意点

- 1．微地形の特徴  
堆積物供給源と堆積場の理解
- 2．海水準変動  
層相変化の理解
- 3．ボーリング試料の情報  
火山灰層準，N値，粒度分布など

### 斜面地盤への適応上の注意点

- 1．微地形区分  
堆積物供給源と堆積場の理解
- 2．扇状地の理解（図 7-15）  
扇状地は自然堤防の集合，土石流
- 3．河床勾配と集水面積  
河川の形態の変化，碎屑物の量



**扇中央における扇状地礫層はこの高度差よりも必ず厚い**

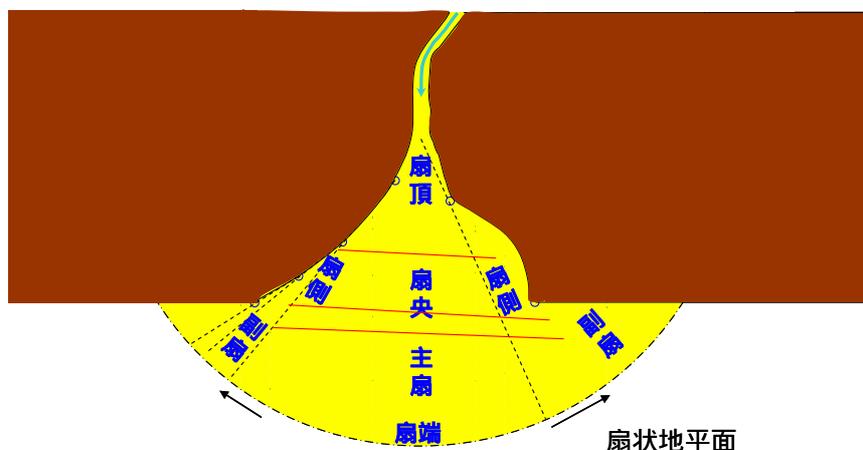


図 7-15 厚さを読図で予察する簡便法“扇中央比高法”(鈴木，1998 を改変)

### 7.3 電子地盤図の作成（実証試験）

#### (1) 沖積層の抽出

前項において考察したように、松山平野の地層層序は、最も海面が低下した約 18,000 年前以降の堆積物である沖積層と、これ以前の先沖積層に区分される。さらに、沖積層は「上部沖積層」と「下部沖積層」に区分される。これより、当地域の電子地盤図のモデル化の対象層は、工学的に軟弱な「上部沖積層」を主体とした。

そのため、当地における堆積システムを十分に理解することを基礎とし、微地形の特徴（堆積物供給源と堆積場）、海水準変動による層相変化、扇状地の形成、河川による堆積形態などを検討し、ボーリングデータ情報（火山灰、N値・粒度分布）を見ながら各々に地層同定を行った。ただし、斜面性の地質地盤においては、地層のつながりや地層境界の同定が困難であったので、N値から工学的基盤に相当する深度を対象層とした。

また、松山平野には重信川の水系がもたらす扇状地性堆積物の砂礫が主体で堆積しており、これが同地盤の大きな特徴である。臨海部においては、上部沖積層の層厚は約 20m と比較的厚く砂主体で堆積している。全体的には、上部沖積層のN値は粘性土で 0~5、砂質土で 10 程度、礫質土で 20~40 程度である。その特徴的な地形として、前章にも示したように石手川、小野川、重信川の扇状地と堀江地区、三津浜地区が挙げられる。以下に、その中より数例を示す。

図 7-16 は沿岸部（松山空港）から石手川扇状地に至る断面である。断面左側の沿岸部では砂主体の堆積が見られる一方、断面右側の扇状地では土石流による礫が堆積している。浅い深度から N 値の大きい礫層が確認できるが、石手川の上流には河川後背地の粘土層や、旧河道と考えられる砂層の堆積も見られる。

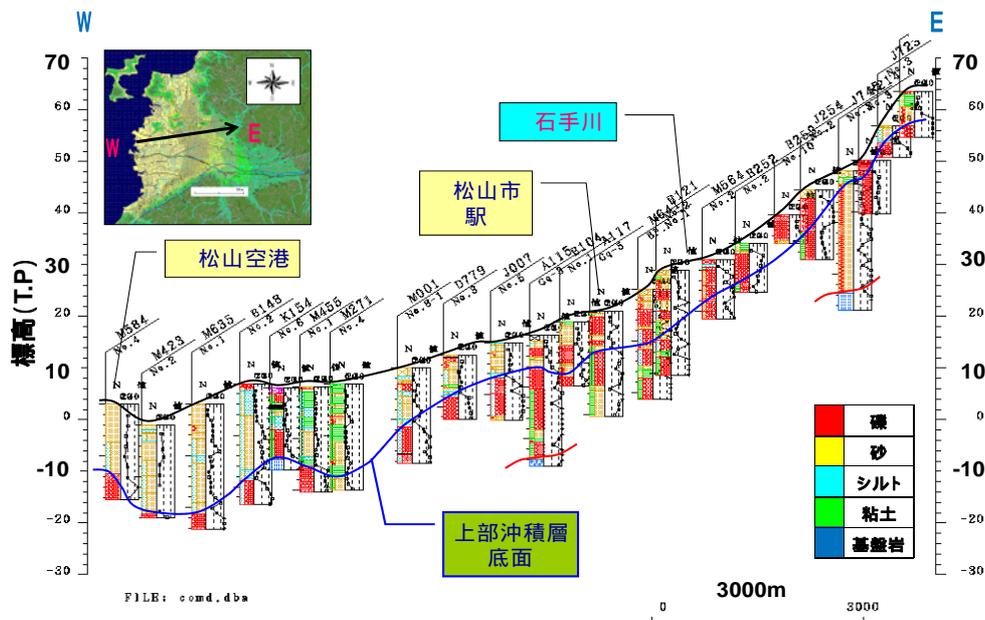


図 7-16 沿岸部～石手川扇状地の代表的な地層断面

図 7-17 は堀江地区の断面である。堀江地区は、松山市中心部から北側へ向けて細長く分布する低地で地溝性の低地帯とされている。上部沖積層は約 15m と厚く、浅層には内湾性の堆積環境による砂層が厚く広く分布している。三津浜地区は断面図を割愛したが、分離丘陵に囲まれ、宮前川の堆積作用で形成された小規模な低地である。上部沖積層は約 20m と厚く堆積しており、表層に砂層、その下位に粘土層が厚く広く分布し、海退・海進を示す海浜の堆積環境であることが窺える。

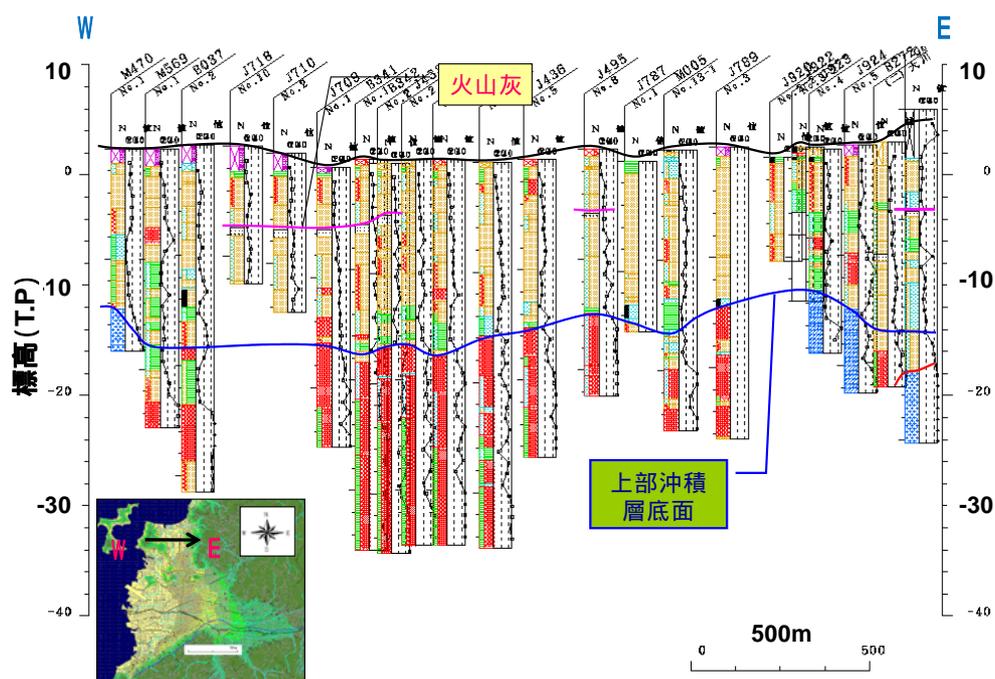


図 7-17 堀江地区の代表的な地層断面

層序の鍵層となるアカホヤ火山灰は、堀江・三津浜地区では 30cm 程度の層厚が確認できたため、両地区の上部沖積層の同定作業は容易に行うことができた。一方、石手川扇状地にはこの鍵層が見られないので、地層同定は扇状地の形態による深度（図 7-15 を参照）と N 値、周辺地盤からの連続性から推定した。このように堆積環境の差異を念頭に置いて、地形の違い、海進海退期の影響、土石流堆積物などの影響を考慮した地形・地質特性を把握することで、電子地盤図（代表的地盤モデル）の対象層をボーリングデータベースから抽出した。

約 3500 本のボーリングデータに沖積層の抽出・同定を行った結果より、図 7-18 にボーリング点の沖積相当層の層厚分布を示す。また、図 7-19 に各ボーリング点における沖積相当層の優勢土質の層厚分布を示す。両図から、前述の各断面図に示した地層構成の面的な分布状況を見ることができる。すなわち、沿岸域では沖積層が砂層を主体に厚く堆積し、重信川に沿って上流側に移るにつれて扇状地地盤等の礫主体の地層に変化していることが概観できる。

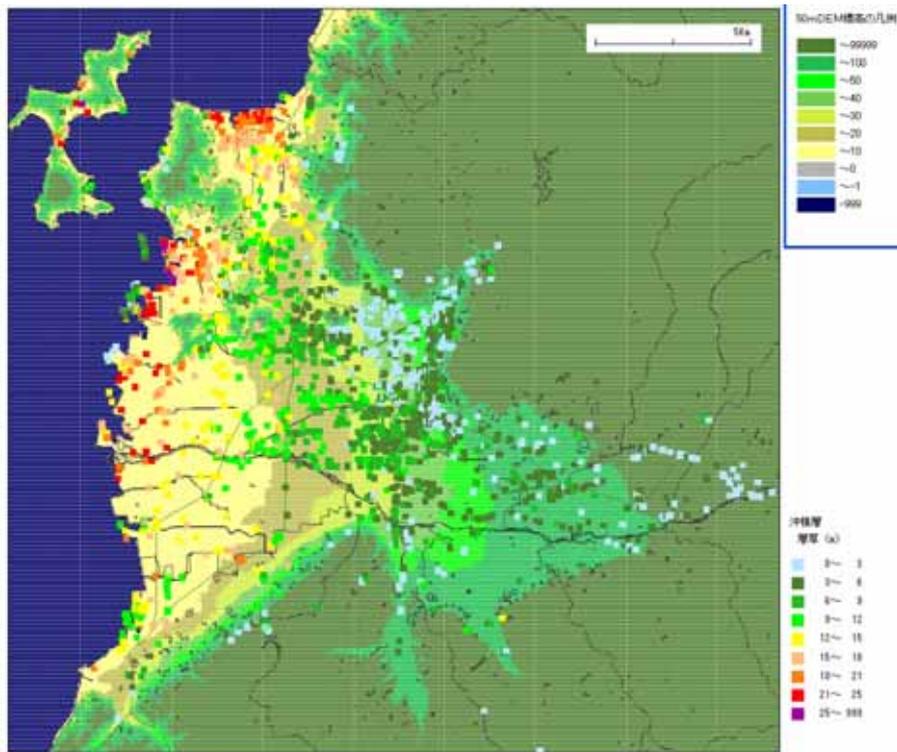


図 7-18 ボーリング点の沖積相当層の層厚分布

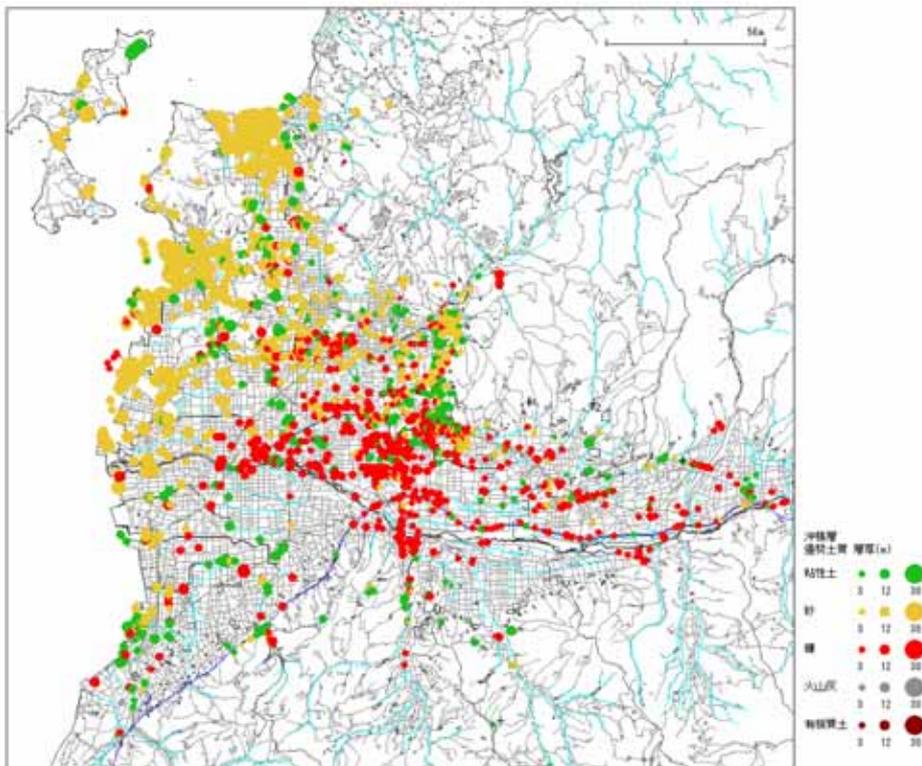


図 7-19 ボーリング点の沖積相当層の優勢土質の層厚分布

## (2) 電子地盤図の作成

電子地盤図のモデル化は、前節に述べたように「上部沖積層」を対象とした。作成方法は、関西支部によるパイロットスタディー(山本ほか,2008)によりに検討された手順を基本とした。各 250m メッシュに対応させるボーリングデータは、海岸部、山の斜面、河川などの特殊な地形の場所に対して地盤条件が全体的・局所的に代表するものを選別した。メッシュ内のボーリングデータの偏りに対しては、ボーリング本数が 2 本以上:メッシュ内のボーリングデータを単純に平均, 1 本のみ:2 本以上になるまでメッシュ範囲を徐々に拡大して単純平均, 0 本:モデル化しない、という手順で処理した。

図 7-20 に電子地盤図(上部沖積層)の層厚分布を示す。ボーリングの面的な粗密のため、モデル化は重信川以北に偏った。図 7-21 は松山空港から石手川扇状地に至る地盤モデル断面である。図 7-16 に示した扇状地の地形がモデルに反映されていることがわかる。

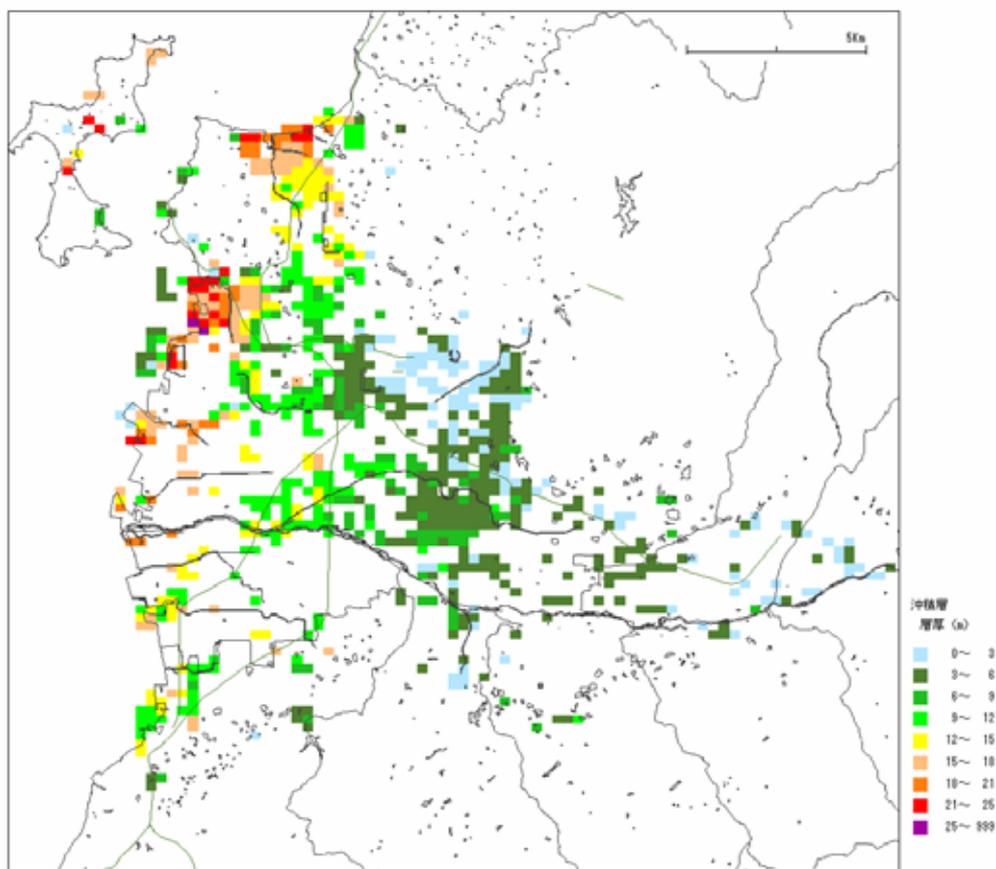


図 7-20 電子地盤図(上部沖積層)の層厚分布

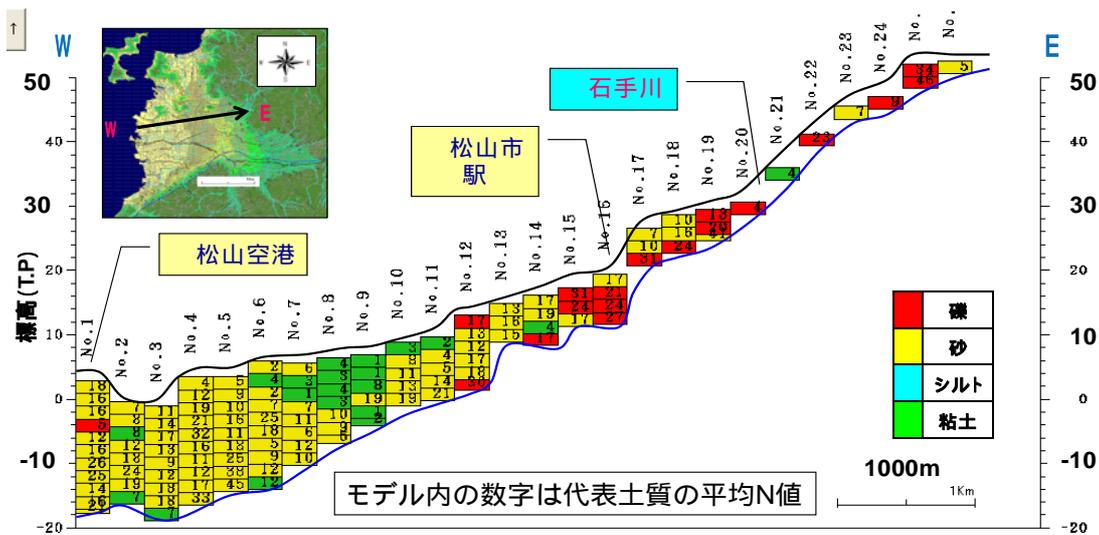


図 7-21 電子地盤図によるモデル断面（松山空港～石手川扇状地）

### （ 3 ）斜面地盤への適用上の課題

沖積低地の地盤は、地質学的知見と火山灰等の情報より明確に上部沖積層の抽出・モデル化が行えた。つまり、地質学的な解釈が適切に加わることで、昨年度までに作成された「電子地盤図作成支援システム（以下、本システムという）」が有効に機能したといえる。

一方、今回の実証試験の対象である斜面性の地盤については、以下の課題が抽出され、対処法の案を示して、別途業務でシステムの改善と機能追加を行い対処した。

扇状地地盤では堆積形状（前章、「斜面地盤への適応上の注意点」を参照）に照らしてボーリングデータを吟味し、加えて工学的視点からN値データより下限の境界線を設定した。そのために、背景図として地形情報を併記することを提案した。

50mDEM データの地形表示（図 7-18 参照）が効果的であった。

モデル化細分層は2m 層厚としたが深度方向の細かな層相変化を表現するには粗かった。そのために、1m 層厚のモデル化機能の追加を提案した。

面的にも、特に山地・丘陵の裾野の斜面地盤では層相変化が激しく、その状況を表現するには250m メッシュのサイズが大きく思われるケースが多かった。これは従来からの課題であり、今後の改善点とした。

## 参考文献（第7章）

- 愛媛県建設研究所・水口ほか（2003）：松山平野地盤図．6p.
- 平井弘幸（1989）：鷹子遺跡および樽味遺跡をとりまく地形環境．愛媛大学埋蔵文化財調査報告 鷹子の樽味遺跡の調査，pp.61-75.
- 貝塚爽平（1976）：東京の自然史．紀伊国屋書店，228p.
- 榊原正幸・小松正幸・市原寛（2002）：松山平野周辺の地盤地質．愛媛大学芸予地震学術調査団最終報告書．pp.101-112.
- 榊原正幸（2006）：各種分析に基づく松山平野の地層判定．四国の自然災害と防災．第5巻，pp.23-99．社団法人土木学会四国支部．
- 鈴木隆介（1998）：建設技術者のための地形図読図入門 第2巻低地．古今書院，554p.
- 高橋大輔・矢田部龍一・松田和範・山本浩司（2004）：松山平野地盤情報データベースの構築，第39回地盤工学研究発表会，pp.177-178.
- 八木下晃司（2002）：岩相解析および堆積構造．古今書院，222p.
- 矢田部龍一・木下賢司・山本浩司・ネトラ・バンダリー（2005）：四国地盤情報DBの構築と活用，土と基礎，Vol.53，No.6，pp.28-30.
- 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．

## 8 . 電子地盤図システムの実証試験 - 泥炭性軟弱地盤への適用 -

### 8.1 概要

#### (1) 検討概要

国内の各地域における特徴的な地盤を対象に、「表層地盤情報データベース連携システム」の要素技術として開発した「電子地盤図作成支援システム」の実証試験を実施し、その結果を同連携システムの更なる高度化にフィードバックした。

北海道における特殊土地盤として泥炭性軟弱地盤を対象とし、札幌地域における泥炭性軟弱地盤が分布する代表的な区域を設定して、「電子地盤図作成支援システム」を適用した。その結果より、「表層地盤情報データベース連携システム」の構築における有効性を確認するとともに、同種地盤における運用上の問題点を抽出した。

#### (2) 地盤工学会電子地盤図作成検討委員会（地盤工学会北海道支部）

本検討においては、札幌地域代表地区の電子地盤図の作成を主導することを目的に、地盤工学会北海道支部および北海道土木技術会土質基礎研究委員会（地盤情報書委員会）との共催で「地盤工学会電子地盤図作成検討委員会（委員長：石川達也、北海道大学大学院准教授）」を設置して実施した。表8-1に、委員構成を示す。

表8-1 地盤工学会電子地盤図作成検討委員会

	氏名	所属	備考
委員長	石川 達也	北海道大学大学院工学研究科 准教授	
幹事	福島 宏文	土木研究所寒地土木研究所 主任研究員	地盤工学会「表層地盤情報データベース連携に関する研究委員会」委員
委員	遠藤 秀博	北海道士質コンサルタント	
委員	籠谷 直也	北海道日建設計	
委員	小海 尚文	基礎地盤コンサルタンツ	
委員	木幡 行宏	室蘭工業大学 准教授	
委員	谷岡 靖之	北海道ソイルリサーチ	
委員	左近 利秋	ドーコン	
委員	新藤 和男	応用地質	
委員	横濱 勝司	北海道大学大学院 助教	

## 8.2 対象地域と地盤特性の概要

### (1) 検討対象地域

札幌市及びその周辺地域の地形は、山地、丘陵地、台地、低地に大きく区分することができる。

低地については、石狩川とその支流を中心とする地帯にひろがり、豊平川扇状地、発寒川扇状地などの扇状地群と石狩沖積平野が形成された。札幌市中心地域は、豊平川扇状地上に発展してきた。北方の低地では、気候の変化による海岸線の海進・海退で形成された砂丘地や、湿地植物の遺体が堆積してできた泥炭性軟弱地盤が広く分布する。

山地は火山活動で作られたもので、都市を取り囲むよう南部に分布している。丘陵地は、山地につながって南東部に広がり、山地と合わせて大部分が森林地帯となっている。

台地は南東部～東部に広がり、主に火山噴出物によって形成されたものである。

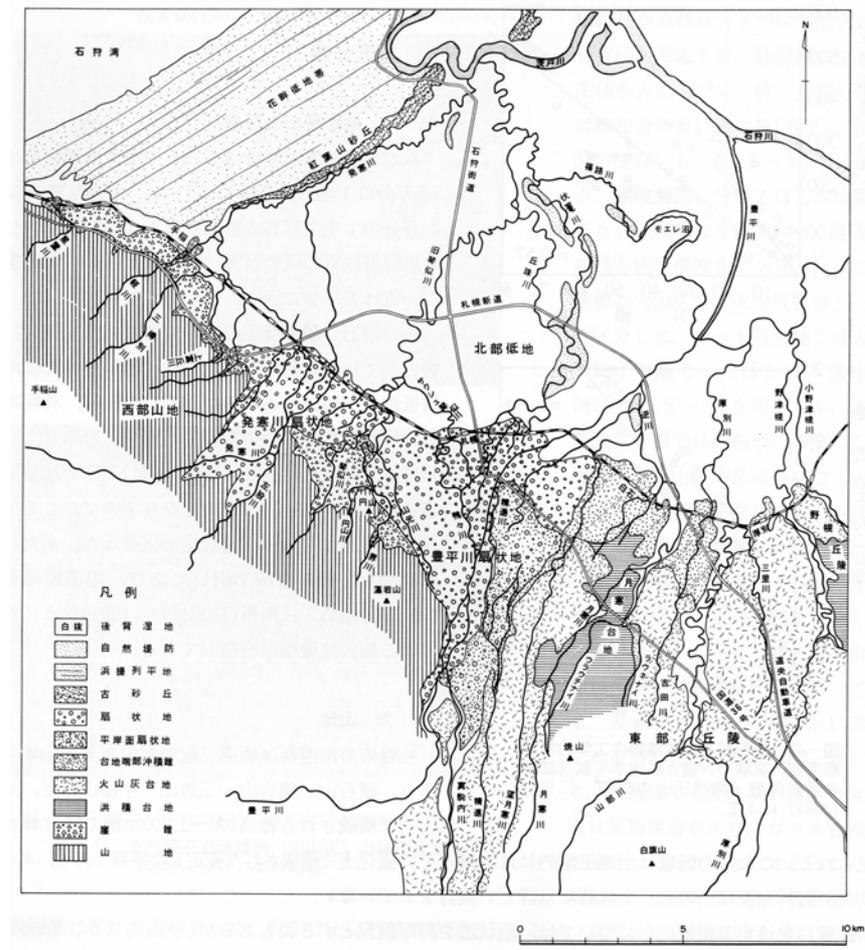


図 8-1 札幌地域の地形

(出典：北海道土質コンサルタント，札幌表層地盤図(2m深図)，1994)

札幌地域内で地層分布が特徴的な地域として、札幌市中心部と新札幌駅周辺部の2つのエリアを検討対象として選定した。

札幌市中心部は、官公庁や繁華街が位置しており、都市空間の中核である。地質分布は、豊平川扇状地であり、N値50前後の砂礫層が厚く堆積している。

新札幌駅周辺部は、火山灰及び泥炭層が堆積し、北海道の特殊土地盤が分布する。

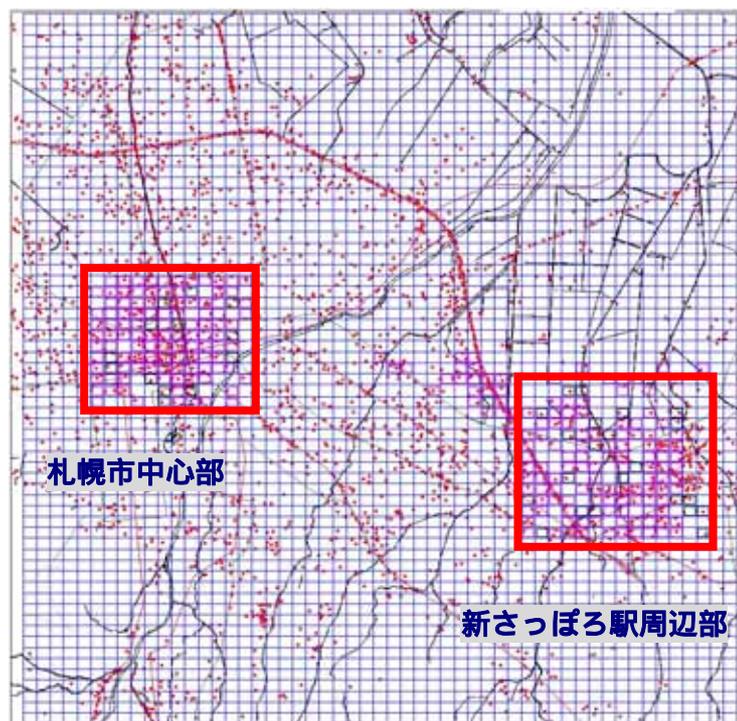


図 8-2 検討地域とのボーリング位置

## (2) ボーリングデータ (北海道地盤情報データベース Ver.2003)

北海道における、デジタル化された地盤情報データベース作製の動きは、土質工学会北海道支部 30 周年 (昭和 61 年) 記念事業の一環として、「北海道地盤図作成検討委員会 (委員長: 故 由良桂一氏)」が設置されたことに端を発している。この委員会において、地盤情報の共有化に対するニーズなど基礎的な検討が行われた。その後、北海道土木技術会土質基礎研究委員会においてなされた、データベース構築に向けたより具体的な検討を受けて、平成 4 年から地盤工学会北海道支部に「北海道地盤情報のデータベース化委員会 (委員長: 三田地利之北海道大学教授)」が設けられ、土木に限らず、建築、地質、農業などを横断した事業として、データの収集およびデータベースの構築などの実作業が進められた。その結果、1996 年 11 月に「北海道 (道央地区) 地盤情報データベース」が公開されている。

最新版である「北海道地盤データベース Ver.2003」は、約 13,000 本のボーリングデータを収録し、GIS 機能によるボーリング地点表示機能、柱状図表示機能、縦断図作成機能から構成されている。利用者は、パソコンの画面上で、地盤データ分布図の検索、柱状図表示、縦断図作成までの一連の機能の操作が可能である。また、CSV 形式でデータを収録しており、利用者が独自に加工して利用することが可能である。

図 8-3 に「北海道地盤データベース Ver.2003」に収録の札幌市周辺部のボーリング分布図を示す。

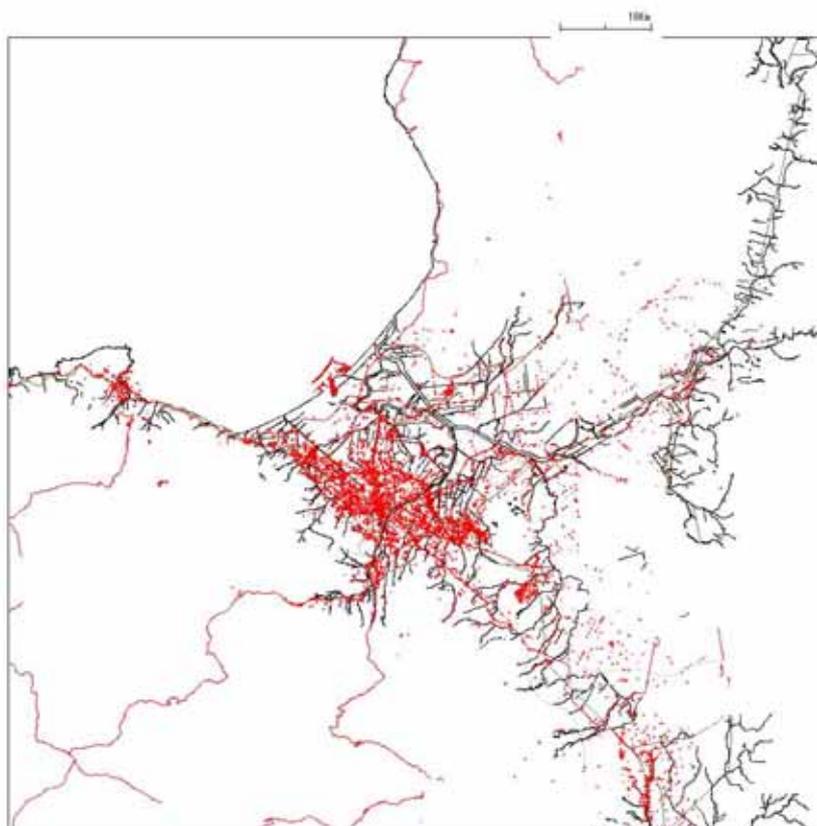


図 8-3 検討に用いたボーリングデータの位置図 (北海道地盤情報データベース Ver.2003)

「北海道地盤データベース Ver.2003」に収録されているデータは、CSV による独自形式で収録されており、現在の電子納品形式であり汎用性のある XML 形式では無い。本実験においては、CSV 形式によるデータを XML 形式に変換し、データ入力を行った。データの変換に当たっては、茨城大学 村上 哲先生に御尽力いただいた。

今後生成されるボーリングデータは、XML 形式により電子化されたデータが蓄積されることとなるが、電子地盤図の構築に当たっては、過去の資料の活用は無視できないため、XML 形式等の汎用性のある形式によりデータベースを変換する必要がある。

### (3) 地盤概要

#### A. 札幌市中心部（豊平川扇状地）の概要

札幌周辺の山地と低地の境には典型的な形状を持った扇状地が発達する。最も規模が大きい豊平川扇状地は小山内他（1956）が札幌扇状地と呼んだものである。豊平川扇状地の基部は標高約 100m の真駒内付近に発し、地表での扇端は JR 函館線付近に展開して、標高 15m 等高線とほぼ一致する。

札幌市は豊平川扇状地の上に発達した都市であり、扇状地の扇央が都市の中心部と一致する。扇央から扇端にかけて扇端湧水がみられる。古地図から旧河道を読み取ると、当該区画は扇央部の凹地であり、これらの河道は沢状凹地を形成し、表層部においては薄い粘土・シルト層の分布域となっている。

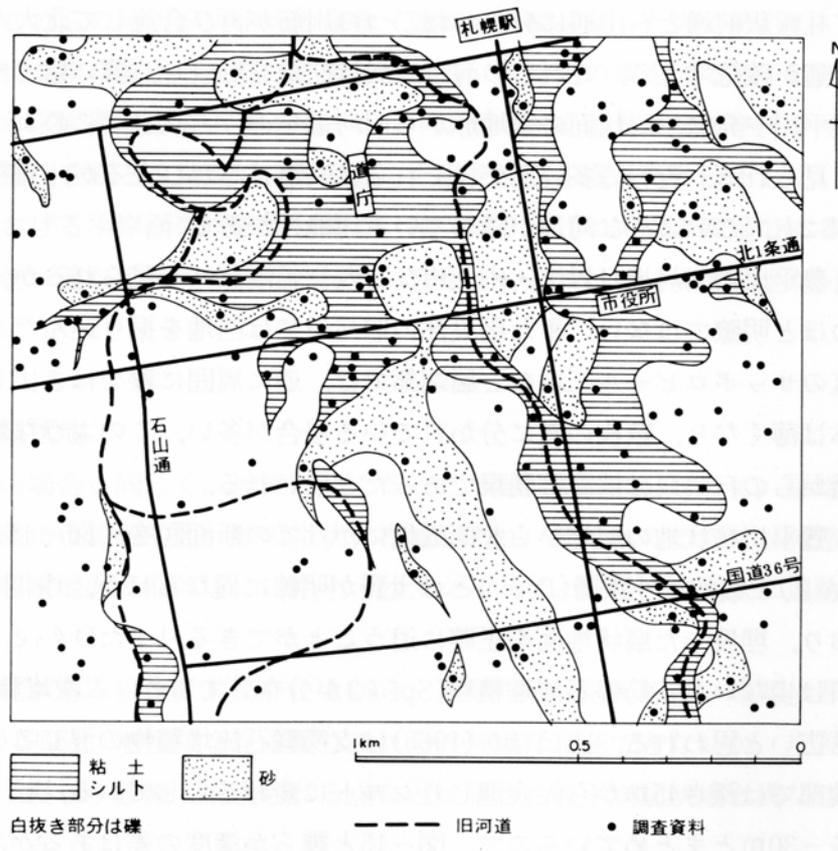


図 8-4 札幌市中心部における扇状地上の旧河道と細粒度分布  
(出典：北海道土質コンサルタント，札幌表層地盤図（2m 深図），1994）

## B．新さっぽろ駅周辺部（泥炭堆積物）

泥炭堆積物は、地上に堆積した植物遺体が、水分過剰、低温、乾燥などの諸条件により分解作用がさまたげられて形成され、堆積したものである。

当該地域は火山灰台地北端部から沖積低地に至る区域である。出口が閉塞された河川の上流に形成される湖沼や湿地帯を埋積谷と称する。野津幌川や厚別川は出口が閉塞されているわけではないが、泥炭に深く埋積された谷地形をなす。

この地区は都市開発によって平坦化され、火山灰台地は低地面とほとんど同じ高さに削られて台地の形状を示さない。この地域の地盤の強度差は著しく、火山灰台地を構成する火山灰はN値20～30以上であるのに対し、泥炭はN値0～1と軟弱である。両者は比高差10～20m、勾配45度以上の急崖で接しており、まさに深い谷が埋没中には軟弱な泥炭が詰まっている状態である。この埋積谷を含む当該地区の泥炭は厚さ8mにおよび、石狩平野では最も泥炭層の厚い区域の一つである。

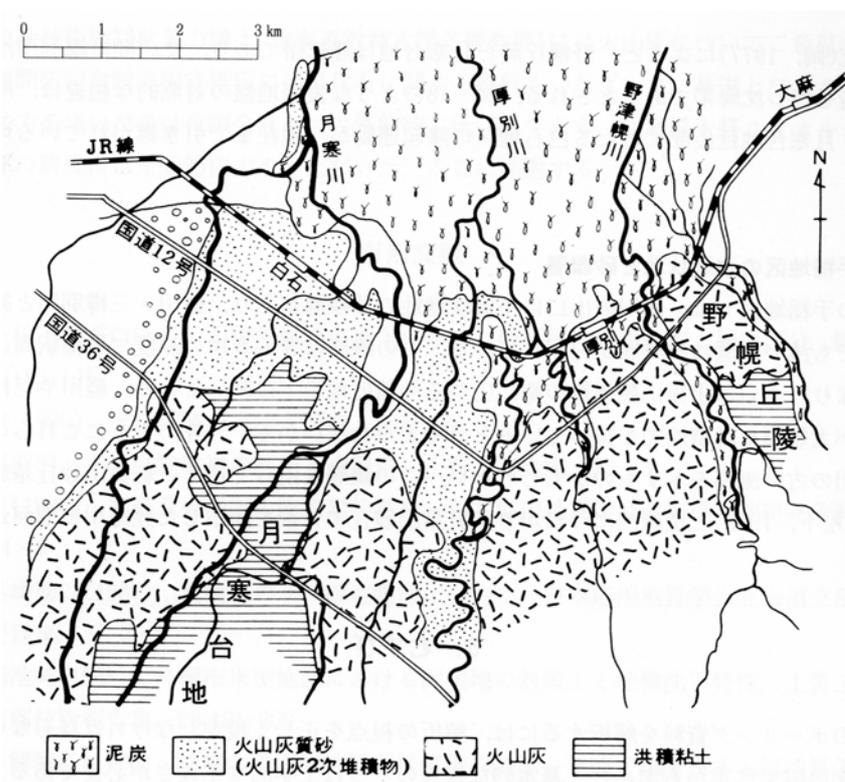


図 8-5 新さっぽろ駅周辺部の火山灰台地と泥炭埋積谷  
(出典：北海道土質コンサルタント，札幌表層地盤図(2m深図)，1994)



## (2) 電子地盤図の作成

電子地盤図のモデル化は、前節に述べたように構造物支持層と判断しうる層より浅い層を対象とした。作成方法は、関西支部によるパイロットスタディー（山本ほか，2008）により検討された手順を基本とした。各 250m メッシュに対応させるボーリングデータは、地盤条件が全体的・局所的に代表するものを選別した。メッシュ内のボーリングデータの偏りに対しては、既往資料である 500m メッシュ地盤モデル（北海道土質コンサルタント）を参照し、大きく乖離がないことを確認しながら処理した。

### A 札幌市中心部

図8-7 に札幌市中心部における電子地盤図層厚分布を示す。当該地域は豊平川扇状地であり、河川の流れの方向である南から北に向かうに従って、対象層厚（支持地盤までの深度）が大きくなることわかる。

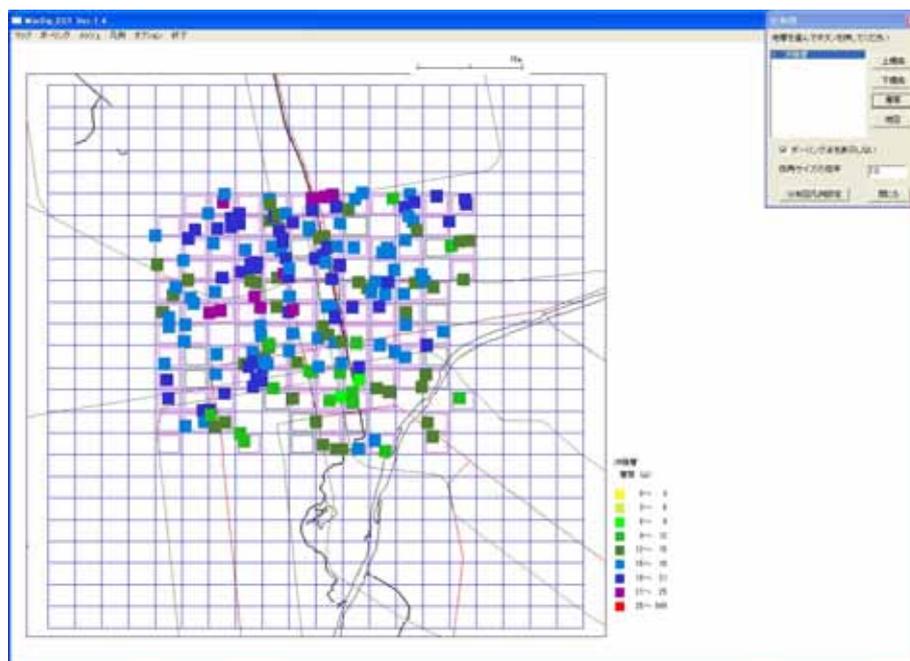


図 8-7 札幌市中心部におけるモデル層厚分布

図8-8 に代表的なモデルを示す。

表層部の旧河道と思われる凹部に、薄い粘土層が堆積し、それ以深は砂れき層が熱く堆積する。

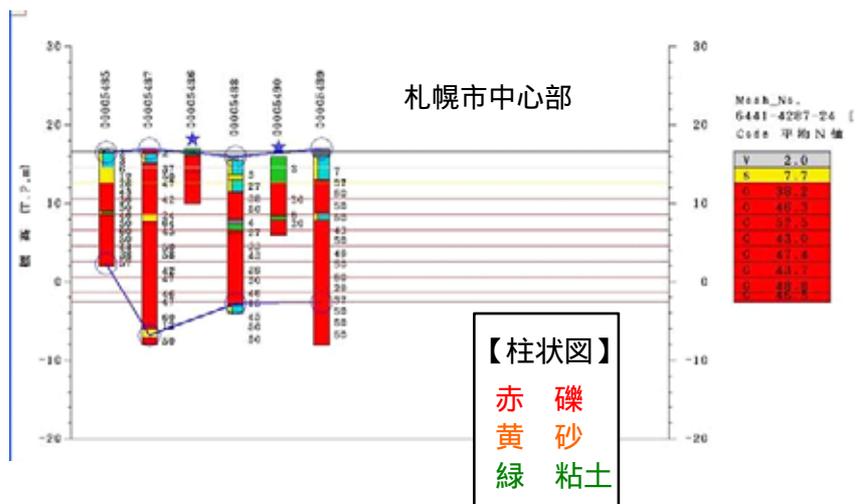


図 8-8 札幌市中心部における代表的なモデル

## B 新さっぽろ駅周辺部

本地域は、泥炭および火山灰といった北海道特有の特殊土が堆積しており、その特徴をあらわすモデルの構築がなされた。

図8-9 にモデル層厚、図8-10に代表的な断面を示す。

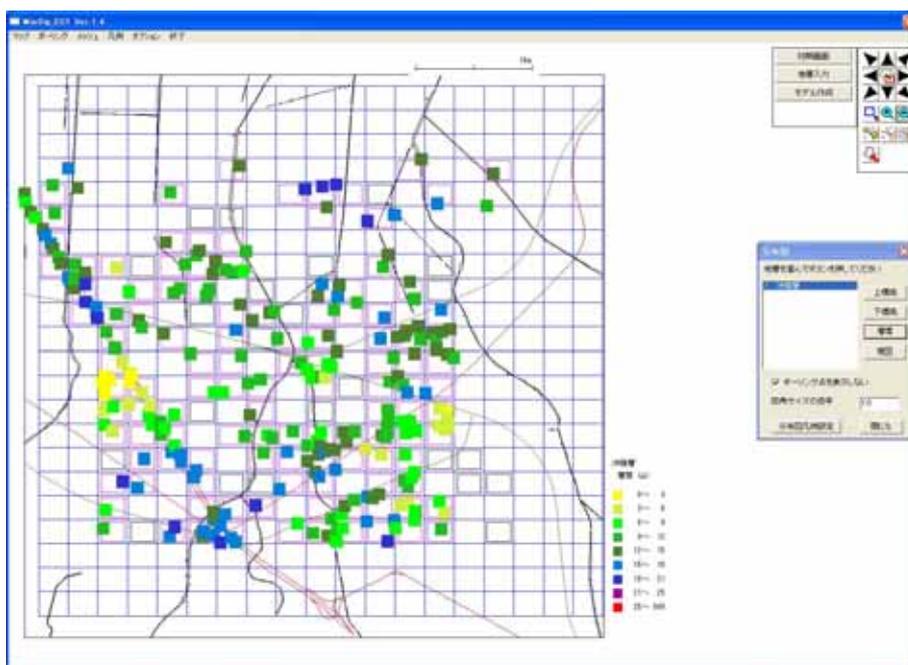


図 8-9 新さっぽろ駅周辺部におけるモデル層厚分布

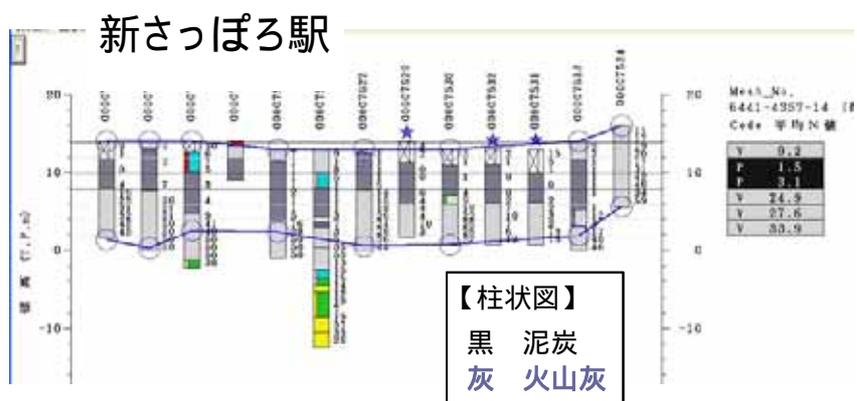


図 8-10 新さっぽろ駅周辺部における代表的なモデル

### (3) 泥炭性軟弱地盤を対象とした適用上の課題

泥炭性軟弱地盤をはじめとする札幌地域の特殊土地盤を対象とした実証実験において、電子地盤図モデル構築に当たっての適用上の課題を以下に示す。

#### XML データの作成

「北海道地盤データベース Ver.2003」に収録されているデータは、CSV による独自形式で収録されており、現在の電子納品形式であり汎用性のある XML 形式では無い。本実験においては、CSV 形式によるデータを XML 形式に変換し、データ入力を行った。データの変換に当たっては、茨城大学 村上 哲先生に御尽力いただいた。

電子地盤図の構築に当たっては、過去の資料の活用は無視できないため、XML 形式等の汎用性のある形式によりデータベースを変換する必要がある。

#### 土質区分の拡充

過年度の電子地盤図の構築に当たっては、土質分類を日本統一土質分類の簡易分類で区分していたが、今回実施した新さっぽろ駅周辺部においては、泥炭および火山灰といった北海道特有の特殊土が分布しており、これらを簡易分類名でモデル化することが必ずしも適当ではなかった。そのため、土質分類について、電子地盤図作成支援システムの改良を行っている。

#### 既往資料の活用

モデル化対象層の選定に当たって、既往の研究資料である 500m メッシュのボーリングモデルを活用した。

地盤工学会「表層地盤のデータベース連携に関する研究委員会」では、H18 年度の報告書において、データベース連携のためには、「全国電子地盤図」(連携の接着剤かつ副産物として)および「組織・人作り」(連携の運営として)が重要であることを提言している。札幌地域における実証実験では、地域地盤の研究、地域地盤情報の整備や地盤情報データベースの利活用に対する研究に加えて、既往資料および経験のある人材の掘り起こしにつながるような組織運営が実現できたものとする。

また、札幌地域では、今回の実証実験の適用範囲にとどまらず、作成範囲の拡充も検討していきたい。

### 電子地盤図の連続性

札幌地域のモデルにおいては、同一市内で堆積分布の異なる地域2箇所においてモデル化を実施した。

モデル化対象層の選定に当たっては、構造物の支持層となる地盤を対象に選定したが、両地域で土層構成が異なり、対象層の選定の考え方も、それぞれの地盤の特徴を踏まえての選定となった。そのため、今後地盤図の拡充を考えた場合、対象層選定の考え方の連続性が、モデルの連続性にかかわることとなり、連続性に関する検討を実施する必要があるものとする。

これにより、今後もと地域地盤の研究、地域地盤情報の整備や地盤情報データベースの利活用に対する研究が推進していくものとする。

## 参考文献（第8章）

地盤工学会北海道支部（2003）：北海道地盤情報データベース Ver.2003

北海道士質コンサルタント（1994）：札幌表層地盤図（2m 深図）

地質調査所（1991）：札幌及び周辺部地盤地質図

北海道士質コンサルタント（2000）：札幌市地盤モデル（500m メッシュ）

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．

## 9. まとめと結論

- 1) 「統合化地下構造データベースの構築」において、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」を担当し、「表層地盤情報データベース連携に関する研究委員会」（委員長：安田進東京電機大学教授）を平成18年7月に設け研究を開始し、連携の道具として「全国電子地盤図システム」の構築を提案した。平成19～20年度にはそのシステムの具体化作業を行い、平成19年度には「全国電子地盤図作成支援システム」を開発し、平成20年度にはシステムの実証試験、機能改良と拡張、「電子地盤図表示システム」の開発、及び「全国電子地盤図」閲覧用ユーザーインターフェースの基本設計を行った。
- 2) 平成20年度の「表層地盤情報データベース連携に関する研究」は、表層地盤情報データベース連携手法の研究、表層地盤情報データベース連携システムの機能拡張、「全国電子地盤図」閲覧用ユーザーインターフェース開発、表層地盤情報データベース連携システムの実証試験-斜面地盤への適用、及び表層地盤情報データベース連携システムの実証試験-泥炭性軟弱地盤への適用で構成された。
- 3) 全国電子地盤図システムとは、全国を250m区画で分割し、深さ100m以浅の地盤について各区画の地盤モデルを電子的に作成・保存・追記・表示できるシステムであり、そこに含まれている情報はインターネット経由で閲覧・ダウンロードができるものである。
- 4) 「全国電子地盤図作成支援システム」は平成19年度に開発された表層地盤情報データベース連携システムの要素技術であり、対象地域の既存地盤情報データベースからデータを取り込み、250m対象区画におけるモデル地盤深さ（地層の設定）を決め、モデル作成に使う良質データ選別、モデルへの変換等の基本機能を有する。
- 5) 表層地盤情報データベース連携手法の研究では、前年度に開発した「電子地盤図作成支援システム」の実証実験を行い問題点の抽出と改良を行った。更に、電子地盤図の地盤情報を分かりやすく表示・理解し、共有するための「電子地盤図表示システム」を開発した。そして、システムの構築上および運用上の問題点を確認し、その解決方法等に関する研究に取り組んだ。
- 6) 防災科学技術研究所で開発が進む「分散管理型統合システム」と連携するため、全国電子地盤図システムから地盤情報を抽出・分析・表示する機能（電子地盤図表示システム）を開発した。機能としては、モデル柱状図の断面表示、地盤モデルの任意範囲入力・表示、地盤モデルの任意範囲の模式表示、地盤モデル地層の分布表示、指定深度・標高の土質・N値の分布表示、指定土質・優勢土質の層厚・N値の分布表示、コンター表示、フリーの3Dソフトを利用したサーフェス表示、高度な立体表示のための既存3Dソフトへのデータ出力機能、等である。

- 7) 前年度開発した「電子地盤図作成支援システム」の改良を行った。開発した機能は、モデル化処理における土質区分の強制切替、土質名が不明な盛土・埋立の土質設定、50mDEMの平均標高値の断面図併記、ボーリングの孔口標高修正入力、孔内水位の表示とモデル化、地盤モデルの作成に関するコメン入力、等である。
- 8) 前年度開発した「電子地盤図作成支援システム」は大阪平野地盤をイメージして作成したので、日本全国に適用するには、斜面災害を誘発する地盤、泥炭軟弱地盤、砂丘・後背湿地が顕著な地盤、火山灰性の地盤、河川浸食・再堆積が激しい地盤のような地盤環境への適応性について検証と改善が必要である。その内、今年度は泥炭軟弱地盤と斜面災害を誘発する地盤を対象として、「電子地盤図作成支援システム」の実証試験を行った。
- 9) 斜面災害を誘発する地盤として松山を対象に、泥炭軟弱地盤として札幌を対象に実証試験を行い、地層境界データの入力作業者の設定・記録、50mDEMによる背景図への彩色表現、地盤モデルの層スライス厚の変更、火山灰・泥炭などモデル化地層区分の追加、地図データのシェープ形式対応、等の機能を追加した。
- 10) 松山平野は山地から扇状地、沖積低地に広がる地盤であり、その多くが斜面地形を成している。このような地盤は平坦な沖積平野に比べて地層の分布やつながりが理解しづらい。今回、沖積低地の地盤は、地質学的知見と火山灰等の情報より明確に上部沖積層の抽出・モデル化が行えた。つまり、地質学的な解釈が適切に加わることで、電子地盤図作成支援システムが有効に機能した。一方、実証試験の対象である斜面性の地盤については、以下の課題が抽出され、電子地盤図作成支援システムに対して、50mDEMによる背景図への彩色表現、地盤モデルの層スライス厚の変更などを行った。

扇状地地盤では堆積形状に照らしてボーリングデータを吟味し、加えて工学的視点からN値データより下限の境界線を設定した。そのために、背景図として地形情報を併記することとし、50mDEMデータの地形表示が効果的であった。

モデル化細分層は2m層厚としたが深度方向の細かな層相変化を表現するには粗かった。そのために、1m層厚のモデル化機能の追加をした。

面的にも、特に山地・丘陵の裾野の斜面地盤では層相変化が激しく、その状況を表現するには250mメッシュのサイズが大きく思われるケースが多かった。これは従来からの課題であり、今後の改善点とした。
- 11) 札幌地域内では、地層分布が特徴的な地域として、札幌市中心部と新札幌駅周辺部の2つのエリアを検討対象とした。札幌市中心部は、官公庁や繁華街が位置しており、都市空間の中核である。地質分布は、豊平川扇状地であり、N値50前後の砂礫層が厚く堆積している。新札幌駅周辺部は、火山灰及び泥炭層が堆積し、北海道の特殊土地盤が分布する。実証試験は「北海道地盤データベース Ver.2003」を用いて行った。実証試験においては、以下の点が明らかとなった。

「北海道地盤データベース Ver.2003」のデータは CSV 形式であり、本実験では XML 形式に変換しデータ入力を行った。今後、他地域において地盤情報データベースを構築する場合には、現在の電子納品形式である XML 形式でデータを収録することが望ましい。

電子地盤図の構築では日本統一土質分類の簡易分類を採用したが、今回実施した新さっぽろ駅周辺部では泥炭および火山灰という特殊土が分布しており、簡易分類には適さなかった。そのため、土質分類について、電子地盤図作成支援システムの改良を行った。

今回の実証試験では、既往資料の発掘および地盤図作成に経験のある人材の掘り起こしができ、モデル化対象層の選定に当たっては、既往の研究資料である 500m メッシュのボーリングモデルが活用できた。

堆積分布の異なる 2 地域において実証試験を行った。どちらも沖積層をモデル化対象層とするのは適当とはいえ、構造物基礎となる深度までを対象層としたが、地盤が異なる両地域ではその深度基準が異なり、今後地盤図を拡充する場合、対象層選定の連続性・統一性が問われることになる。

- 12) 表層地盤情報データベース連携システムの一部として、一般ユーザーが防災科学技術研究所のポータルサイトから「全国電子地盤図」を閲覧する時に必要となるユーザーインターフェースの開発に取り組んだ。本年度は、基本設計：機能仕様（画面構成，画面遷移，表示機能）とデータ仕様を行い，および基礎作成：データ試登録（背景図，表示メッシュ，地盤モデル），表示 GIS 試作成（表示事例）を行った。