

事業の名称

東海村地盤情報データベースの構築

〔事業責任者〕

(自治体側)

東海村役場・建設農政部長 荒川 直之

(大学側)

茨城大学・工学部・准教授 村上 哲

事業テーマ：自治体との連携

連携先

茨城大学，東海村役場

プロジェクト参加者

村上 哲（茨城大学・准教授 担当：全体統括）

荒川 直之（東海村役場・建設農政部

担当：東海村役場の情報提供）

大友 佳一（東海村役場・建設農政部都市整備課

担当：東海村役場の情報提供）

プロジェクトの実施概要

①プロジェクトの目的

2011年3月11日に発生した平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震による家屋の倒壊や斜面崩壊、液状化現象による被害を契機に、地震防災・減災検討のための基礎情報として、地盤構造および地盤物性値などの地盤情報の広域的かつ高精度な把握が一層必要とされた。一方、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行い、その連携技術として、全国電子地盤図の構想・構築を提起し¹⁾、現在までに、34都市地区の全国電子地盤図がWeb公開されている。この電子地盤図は、対象地域にボーリングデータ（以下、BD）が散在し、その密度や数が多いほどシームレスになる。しかし、茨城県那珂郡東海村（以下、東海村）における既往の地盤情報データベース^{2),3)}では、図1に示す通り、地盤調査地点に偏りがあり、地盤情報の希薄な地域が存在してしまう。そのためシームレスな電子地盤図の作成が難しい。今後全国電子地盤図の精度向上、拡大を継続して

いくためには、東海村のような地盤情報の希薄な地域におけるシームレスな電子地盤図の作成手法の開発が必要不可欠である。開発された作成手法を用いたシームレスな電子地盤図は、公共土木構造物の補強対策の実施や地震時の被災分布作成に妥当な情報となり得るため⁵⁾、地域の防災および環境保全に大きく貢献できると判断する。

そこで本研究では、東海村のような地盤情報の希薄な地域におけるシームレスな電子地盤図の作成手法の開発を目的とする。シームレスな電子地盤図の作成手法が確立されることで、地盤情報の希薄な地域においても電子地盤図を作成することが可能となり、地盤構造および地盤物性値などの地盤情報の広域的かつ高精度な把握が可能となると判断する。

図2に研究の流れを示す。初めに既往の電子地盤図の研究を調査し、一般的な電子地盤図作成手法および課題の抽出を行う。次に、電子地盤図作成に必要な基礎データを収集・入力する。基礎データは、主にボーリングデータなどの地盤情報、地形図および地質図とした。続いて、電子地盤図のシームレス化を図るためには、地盤情報の空白域の地盤モデルを推定する必要がある。地盤モデルを推定するために、まず対象地域の地形や地質について文献調査し、各地形の層序関係や地層の特徴を把握する。また、対象地域の堆積環境についても同様に調査し、各地形境界付近の地盤構造とその地形の成り立ちについて把握する。これらの調査結果を基に、地形ごとの地盤情報の特徴を考慮した地盤モデルの作成条件を設定し、地盤モ

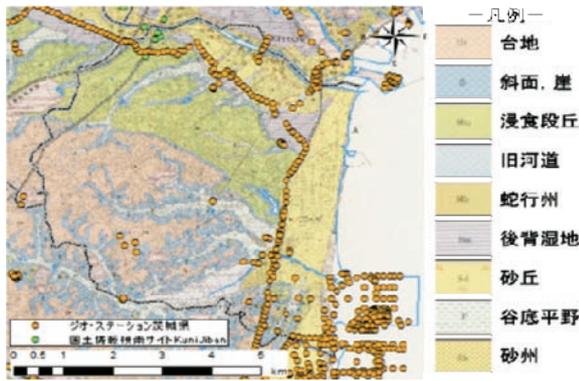


図1 東海村における既往の地盤情報の位置図

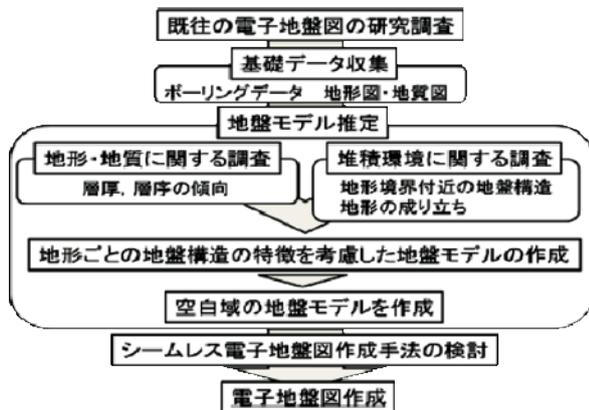


図2 研究の流れ

モデルを作成する。次に、地盤情報の空白域においても、同様に調査結果を基に地盤モデルを作成する。以上を踏まえ、東海村におけるシームレス電子地盤図とする。

②連携の方法及び具体的な活動計画

連携の方法は、各連携先の役割を分担し定期的に打ち合わせを実施する。

- ・茨城大学：地盤情報の整理、電子化、解析、まとめ。
- ・東海村：地盤情報の提供

以下を実施する。

- ・地盤調査報告書に記載されている地盤情報の電子化
- ・地形に応じた地盤情報の補完方法の構築
- ・地形に応じた地盤情報の補完
- ・地盤モデル作成および東海村全域の電子地盤図

作成

③期待される成果

東北地方太平洋沖地震において、東海村でも盛土造成地における滑動崩壊や液状化による戸建住宅の傾斜や幹線道路の沈下・崩壊など地盤に関わる災害が多数生じた。このような地盤災害に対する備えや被災後の早期復旧には地盤情報が欠かせないことが教訓として残った。

したがって、早期に地盤情報データベースを構築することが求められているが、構築コストや維持管理の費用は高価であり、実現できない。茨城大学で開発中の地盤情報システム構築手法をさらに発展させることによって上記の問題が解決され実現できる。

将来的には、当システムを利用した、他業務との連携も積極的に構築する。

プロジェクトの実施成果

①活動実績

以下に、活動実績について示す。

1. 東海村の地盤情報と地形および地盤構造の関係

シームレスな電子地盤図を作成するには、地盤情報の空白域における地盤モデルの推定が必要である。また、推定する地盤モデルの精度も重要である。本研究では、推定する地盤モデルの高精度化を図るために、対象地域の地形および層序関係の把握と地形分類の境界付近における地層地盤構造の把握をするために、それぞれの地形境界付近における地盤構造の関係を調査した。

図3に東海村における地形分類⁴⁾および地盤断面の位置を示し、図4～7に各断面における地盤構造を示す。なお、用いた地盤情報(BD)は、国土情報検索サイト KuniJiban²⁾より26本、防災科学技術研究所が開発したジオ・ステーション³⁾より688本、東海村役場の地盤調査報告書より619本、茨城県水戸・日立地区の地盤⁶⁾に記載されているBDより58本、合計で1391本である。

ここで、東海村役場より収集した地盤情報は、書庫に保管されている地盤調査報告書など、紙媒体に記録されている地盤情報を電子化したものである。また、茨城県水戸・日立地区の地盤より収集した地盤情報も同様である。図3より東海村の地形は、久慈川低地、額田段丘、那珂台地、新川低地、砂丘に分類される。図3に示すAA'断面は、那珂台地から額田段丘へ下りる台地の地盤構造、BB'断面では額田段丘から久慈川低地へ下りる地盤構造、CC'断面では、額田段丘から久慈川低地、砂丘へ向かう地盤構造、DD'断面では額田段丘から砂丘へ向かう地盤構造をそれぞれ示す。

図4に示すAA'断面の地盤構造から、那珂台地では、上部より表土や盛土、火山灰質粘性土、凝灰質粘土、砂や礫からなり、既往の地形分類調査⁷⁾から、砂・礫層は見和層上部に分類される。また見和層を覆う凝灰質粘土層は、茨城粘土層に分類され、さらにそれ覆う火山灰質粘性土層は、関東ロームに分類される。また、額田段丘では、関東ローム層以深の地層において、砂や砂礫が堆積している。これらは、縄文海進時、東海村付近の台地は浅海であったため、砂や砂礫が堆積したものである⁸⁾。さらに、BDの標高に3~10m程の標高差があるが、地盤構造の連続性が確認できる。次に、図5に示す額田段丘では、上部より表土、関東ローム層、砂や礫の見和層上部の層序関係の連続性を確認できる。久慈川低地の旧河道にあたる地点のBDは砂層の下部に礫層が確認できる。さらに、図6に示すCC'断面の地盤構造から、額田段丘において、久慈川に近いBDほど凝灰質粘土の層厚が薄くなる傾向がある確認した。これは、額田段丘が河成段丘に分類されることから、久慈川による侵食作用を受けたと判断できる。さらに、久慈川低地の後背湿地では、砂とシルトの互層を呈している。また、久慈川低地と砂丘の地形境界付近の地盤構造において、砂層以深で久慈川低地の地盤構造の連続性が確認できる。したがって、久慈川低地が形成された後に砂丘が形成されたと判断できる。図7に示すDD'断面

の地盤構造からは、砂丘の砂層以深において、関東ローム層と礫層の連続性から額田段丘の地盤構造の連続性を確認した。したがって、同様に砂丘は額田段丘も覆いかぶさるように堆積したと判断できる。

これらの調査結果より、地形の成り立ちと地形ごとの層序関係を把握した。また、額田段丘のように、久慈川に近いBDほど茨城粘土層が薄くなる

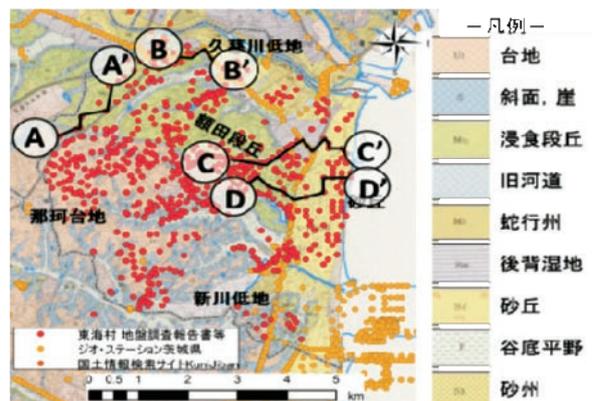


図3 東海村の地形分類および地盤断面の位置

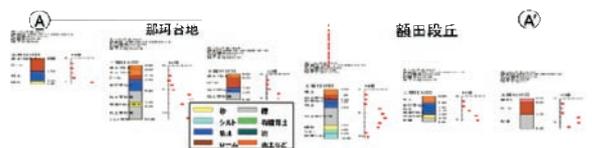


図4 AA'断面の地盤構造

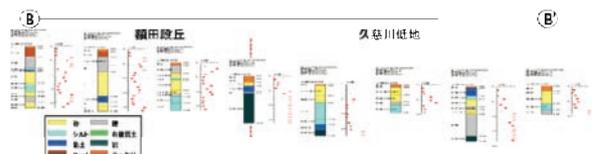


図5 BB'断面の地盤構造

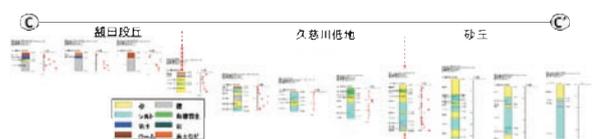


図6 CC'断面の地盤構造

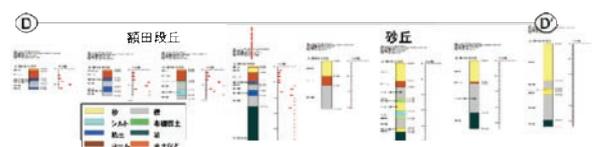


図7 DD'断面の地盤構造

る傾向があることや久慈川低地の旧河道など、同じ地形内でも地盤構造が異なることが分かった。このような地盤構造の特徴を考慮した地盤モデルを作成するためには、地形による地盤構造の特徴の表現に加え、地形区分をさらに細分化して考慮する必要があると思われる。

2. 地形ごとの地盤構造の特徴を考慮した地盤モデル作成

2.1 本研究における地盤モデル作成の条件設定

現在までに行ってきた各地形と地盤構造の関係の調査結果を踏まえ、地形ごとの地盤構造の特徴を考慮した地盤モデル作成の条件を設定する。表1に東海村における地形情報の細分化表を示す。地形情報の取得は国土地図株式会社が発行している地形分類図⁴⁾を用いた。那珂台地は、地盤構造の連続性が確認できていることから、細分化しないこととする。額田段丘は、茨城粘土層の層厚を考慮するためにさらに北部と南部に区分する。久慈川低地は、旧河道と後背湿地、埋積谷と区分する。砂丘は、砂層以深の地盤構造の特徴から、久慈川低地域、額田段丘域、新川域と区分する。新川低地については、収集したBDが極端に少ないため、細分化しないこととする。図8に表1により作成された地形細分化後の東海村の地形図を示す。図8に示すメッシュサイズは250mメッシュである。図9に地形ごとの地盤構造を考慮した地盤モデル作成の概念図を示す。一つのメッ

表1 東海村における地形情報の細分化表

地形情報	細分化
那珂台地	—
額田段丘	北部
	南部
砂丘	久慈川低地
	額田段丘
	新川
久慈川低地	旧河道
	後背湿地
	埋積谷
新川低地	—

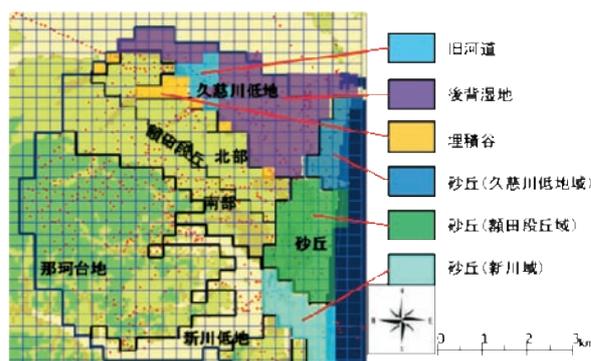


図8 地形細分化後の東海村の地形図

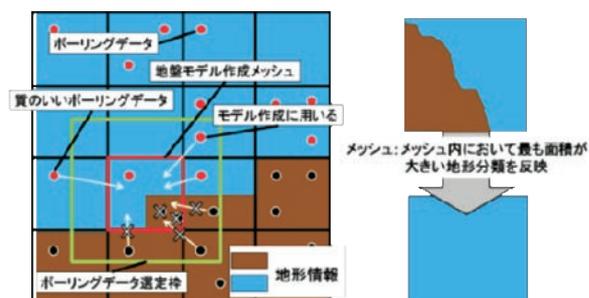


図9 地形ごとの地盤構造を考慮した地盤モデル作成の概念図

シュ内に複数の地形分類が存在する場合、そのメッシュ内において最も面積の大きい地形分類をメッシュに反映させる。また、地盤モデル作成メッシュと異なる地形区分に存在するBDを除き、同じ地形区分内にあるBDを選定する。この時、質のいいBDがボーリングデータ選定枠周辺にある場合、用いることとする。

2.2 提案した地盤モデル作成手法の検討

本研究で提案した地盤モデル手法の妥当性の検討を行うために、額田段丘と那珂台地の地形境界付近におけるメッシュを例に、既往の地盤モデル作成手法によって作成された地盤モデルと提案手法によって作成された地盤モデルの比較を行った。図10に地盤モデル作成位置を示す。図11に既往の地盤モデル作成手法にて作成した地盤モデルと額田段丘の代表的なボーリング柱状図を示す。図11では、対象としている地盤モデル作成メッシュが額田段丘であるのに対し、那珂台地側のBDを用いて地盤モデルを作成している。その

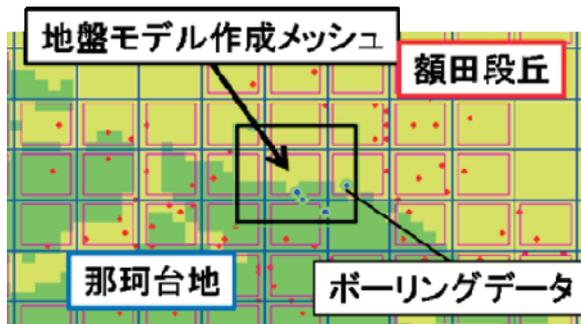


図 10 地盤モデル作成位置

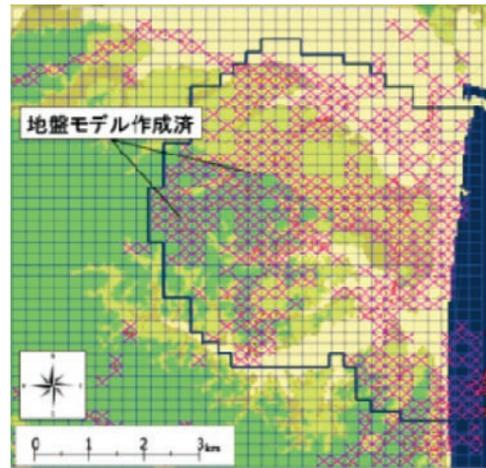


図 13 提案手法に従い作成した地盤モデルの分布図

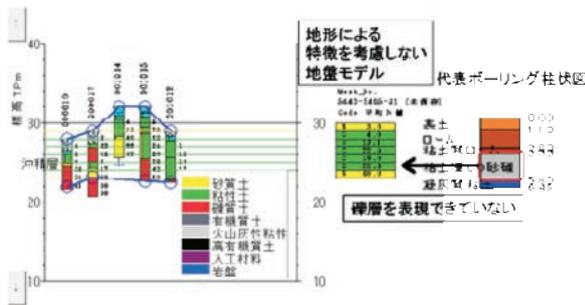


図 11 既往の作成手法にて作成した地盤モデルと額田段丘の代表的なボーリング柱状図



図 12 提案手法にて作成した地盤モデルの比較結果

ため、額田段丘の地盤構造を表現した地盤モデルの作成が困難である。図 12 に本研究で提案した地盤モデル作成手法にて作成した地盤モデルとの比較を示す。ここでは提案手法に従い、地盤モデル作成に用いる BD を那珂台地側の BD を除いて、額田段丘側の地盤モデル作成メッシュ周辺の BD のみを選定し地盤モデルを作成した。図 12 に示す通り、提案手法による地盤モデルは上部より、表土（砂質土）、ローム（粘性土）、見和層上部の砂礫（礫質土）となり、額田段丘の地盤構造の特徴を十分に表現できている。したがって、本

研究で提案している地形ごとの地盤構造の特徴を考慮した地盤モデルの作成条件は、地形ごとの地盤構造の特徴を表現した地盤モデルを作成することが可能であるため、精度の良い地盤モデルの作成に妥当であると判断する。

2.3 提案手法における地盤モデル作成

本研究で提案した地盤モデル作成手法に従い、電子地盤図の作成に必要な基礎データとして収集した 1391 本の BD を用いて、東海村および周辺のメッシュにて地盤モデルを作成した。図 13 に提案手法に従い作成した地盤モデルの分布図を示す。東海村全域の総メッシュ数は 570 メッシュである。そのうち 345 メッシュにて地盤モデルを作成することが出来た。これは、東海村の総メッシュの約 60% にあたる。しかしながら、地盤モデルの空白メッシュが約 40% 存在してしまう。今後、シームレスな電子地盤図を作成するために、約 40% の地盤モデルの空白メッシュにおいて、新たに地盤モデルを推定し、補間する必要がある。

3. 地盤モデルの空白メッシュの補間

3.1 地盤モデルの空白メッシュの補間手法の提案

本研究では、地盤モデルの空白メッシュの補間手法として、3 章にて妥当性を確認した提案手法を拡張して用いた。拡張した点として、地盤モデ

ルを作成する際に用いる BD をモデル化対象メッシュの離れた地点からも用いている点である。この時用いた BD は、モデル化対象メッシュの細分化した地形区分と同じ地形区分内における地盤構造の特徴を有しているものを用いた。また、モデル化対象メッシュ周辺の地盤構造との連続性に注意して用いた。図 14 に本研究で提案する地盤モデルの空白メッシュの補間手法の妥当性の検討法の概念図を示す。まず、3 章にて作成した地盤モデルの一部を空白化させる。次にその空白化させたメッシュにおいて、拡張した提案手法を用いて、改めて地盤モデルを推定する。さらに、改めて推定した地盤モデルと元の地盤モデルを比較する。改めて推定した地盤モデルと元の地盤モデルが、地質や層序関係と同様の傾向を示している場合、地盤モデルの空白メッシュにおける地盤モデルの補間手法として妥当であると判断する。

3.2 地盤モデルの空白メッシュ補間手法の検討

本研究で提案した地盤モデルの空白メッシュの補間手法の妥当性の検討を行うために、細分化した地形区分において代表メッシュ 1 つを選び、4.1 に示した検討法に従って本研究の提案手法の妥当性の検討をそれぞれ行った。図 15 に空白メッシュ補間手法の妥当性の検討に用いたメッシュの分布図を示す。今回、額田段丘と那珂台地の地形境界付近におけるメッシュを例に、改めて推定し

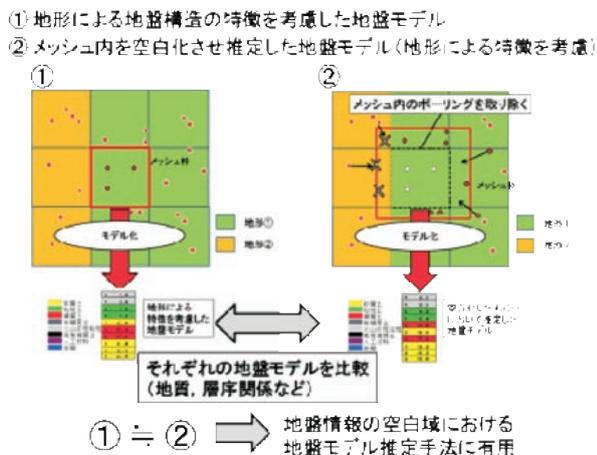


図 14 空白メッシュ補間手法の妥当性の検討方法の概念図

た地盤モデルと元の地盤モデルについて、地質や層序関係について比較を行った。図 16 に提案手法の妥当性の検討に用いた額田段丘南部における地盤モデルの比較結果を示す。図 16 に示す通り、空白化したメッシュにおいて改めて推定した地盤モデルは、上部より、表土(砂質土)、ローム(火山灰性粘性土)、茨城粘土層(粘性土)、見和層上部の砂層(砂質土)、同じく見和層上部の砂礫(礫質土)となり、元の地盤モデルを十分に類似していることが確認できる。したがって、本研究で提案している地盤モデルの空白メッシュの補間手法は、地形ごとの地盤構造の特徴を表現した地盤モデルを作成することが可能であると言える。よって、地盤モデルの空白メッシュにおける精度の良い地盤モデルの推定に妥当であると判断する。

3.3 提案手法による地盤モデルの空白メッシュの補間

本研究で提案した地盤モデルの空白メッシュの補間手法に従い、残りの 40% のメッシュ全てに

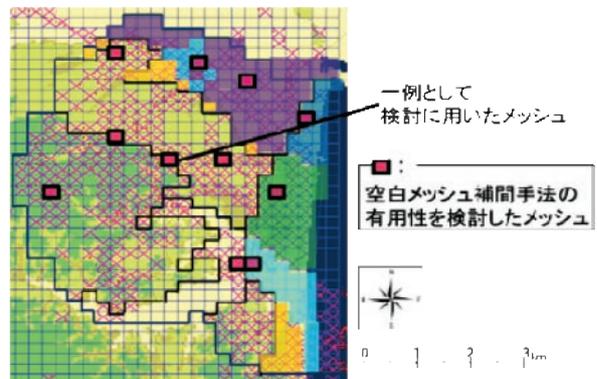


図 15 提案手法の妥当性の検討に用いたメッシュの分布図

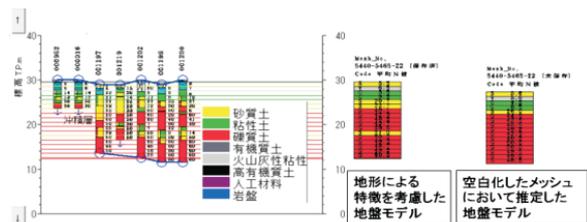


図 16 提案手法の妥当性の検討に用いた額田段丘南部における地盤モデルの比較結果

において地盤モデルの補間を行った。図 17 に補間が完了した地盤モデルの分布図を示す。図 17 に示す通り、東海村全域において地盤モデルを作成することが出来た。図 18 に額田段丘における地盤モデル柱状図を示す。図 18 に示す通り、本研究で作成した地盤モデルは、額田段丘における地盤構造の特徴を表現していると言える。したがって、東海村におけるシームレスな電子地盤図の作成が可能になったと判断する。

4. 地盤情報の希薄な地域におけるシームレス電子地盤図作成手法の提案

図 19 に本研究で提案する地盤情報の希薄な地域におけるシームレス電子地盤図の作成要領を示す。初めに、対象地域を決定し、対象地域にお

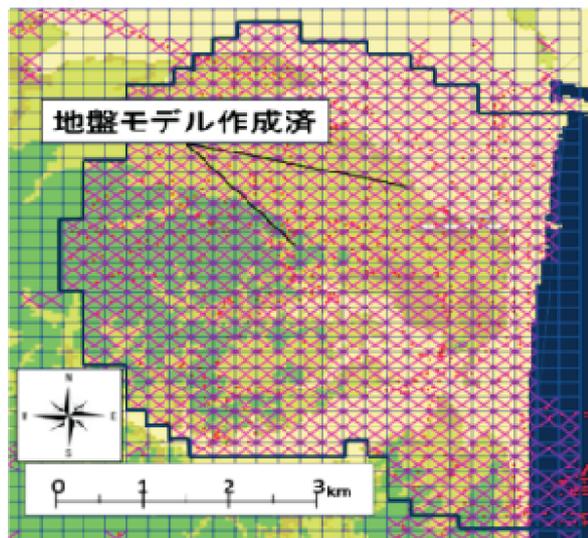


図 17 補間が完了した地盤モデルの分布図

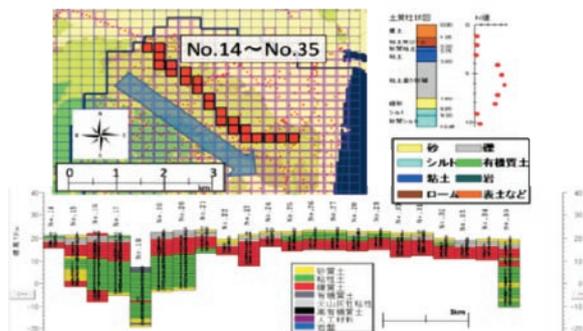


図 18 額田段丘における地盤モデル柱状図

る基礎データとして、地形分類図、ボーリングデータを収集する。地形分類図から、対象地域の地形を把握する。またボーリングデータは、既往の地盤情報データベース、地盤調査報告書、文献に記載されているボーリングデータを電子化し用いる。これら電子化したボーリングデータおよび地形分類図より、各種地形区分における地盤構造の特徴を調査し、調査結果から、地盤構造の特徴ごとに地形分類を細分化設定する。また、電子化したボーリングデータは、支援システム内にて1本毎に地層境界を設定する。次に、モデル化対象層の設定を行い、支援システム上で地盤モデルへ変換する。その後、対象地域において地盤モデルの空白域の有無を調査し、有りの場合は地形の細分化設定を適用し、さらにモデル化対象ボーリングデータの選定範囲を拡大し、空白メッシュと同等の地形区分内(細分化)のボーリングデータを選定し、再度モデル化対象層の設定から始める。地盤モデルの空白メッシュが無くなり次第、整合性の確認を行い、シームレス電子地盤図の完成である。

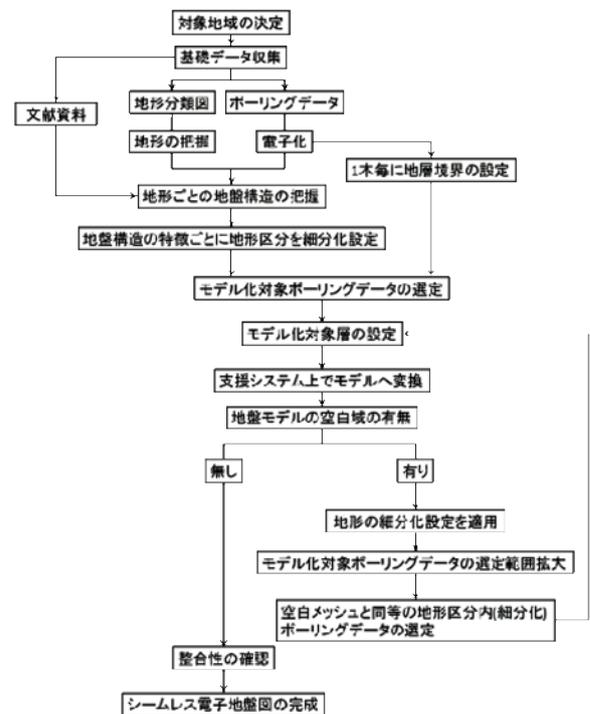


図 19 シームレス電子地盤図の作成要領

②プロジェクトの達成状況

本研究で得られた知見は以下の通りである。

- 1) 各地形の層序関係と地形境界付近の地盤構造について調査した結果、地盤構造の特徴を考慮した地盤モデルを作成条件が必要であることを確認した。そこで、地形区分をさらに細分化して考慮する必要があると考え、地形区分の細分化条件および地形ごとの地盤構造の特徴を考慮した地盤モデルの作成条件を設定した。
- 2) 本研究の提案手法に従い地盤モデルを作成した結果、東海村全域の総メッシュ数は570メッシュのうち、約60%にあたる345メッシュにて地盤モデルを作成することが出来た。
- 3) 本研究で提案した地盤モデルの空白メッシュの補間手法は、地形ごとの地盤構造の特徴を表現した地盤モデルを作成することが可能であると言える。よって、地盤モデルの空白メッシュにおける精度の良い地盤モデルの推定に妥当であると判断する。
- 4) 本研究の提案手法に従い空白メッシュの補間を行った結果、残りの約40%にあたる225メッシュにおいて地盤モデルを推定することが出来た。
- 5) これまでに作成した地盤モデルを用いて、各地形の地盤断面を確認したところ、各地形の地盤構造の特徴を表現できていた。したがって、東海村におけるシームレス電子地盤図の作成が可能になったと言える。

③今後の計画と課題

・作成した電子地盤図および地盤情報データベー

スを可視化できるソフトウェアの開発が必要である。

- ・今後増えていく地盤情報を電子納品させ、地盤情報データベースに組み込むルーチンを決める必要がある。

参考文献

- 1) 山本浩司・安田進・藤堂博明・村上哲・若林亮：全国電子地盤図の構築と将来構想 第9回地盤工学会関東支部発表会，2012.
- 2) 国土交通省：地盤力学情報データベース，国土地盤情報検索サイト KuniJiban, <http://www.kunijiban.pwri.go.jp/jp/service.html>.
- 3) 防災科学技術研究所：統合化地下構造データベース Geo-Station, <http://www.geo-stn.bosai.go.jp/jps/>.
- 4) 国土地図株式会社：地形分類図 那珂湊 5万分の1, 1991.
- 5) 藤堂博明・山本浩司：地域地盤情報データベースの利活用に対する地盤工学会の取り組み，第4回シンポジウム 予稿集，防災科学技術研究所，p.60, 2010.
- 6) 建設省計画局，茨城県：茨城県水戸・日立地区の地盤 都市地盤調査報告書 第20号，1969.
- 7) 国土調査：土地分類基本調査，那珂湊 5万分の1, 1990.
- 8) 今村遼平，岩田健治，足立勝治，塚本哲：画でみる地形・地質の基礎知識，鹿島出版会，pp.30-48, 1983.