

京都市伏見地域における機械学習を用いた 3 次元地盤の構築

株式会社 KANSO テクノス

正会員○ 澤田 雅言

関西大学環境都市工学部

正会員 北岡 貴文

関西大学環境都市工学部

正会員 尹 禮分

関西大学環境都市工学部

フェロー会員 楠見 晴重

1. はじめに

京都市伏見地域は粘土層の連続性が良いことから、浅層部に発生した汚染物質が、深部に浸透しにくい地盤構造である。しかし、粘土層の連続性は、限られたボーリングデータのみで推定されるため、従来法のクリギングを用いて構築された 3Dモデルでは、ボーリングデータが浅く乏しい地点では深層の粘土層や帯水層の連続性の推定精度に課題が残される¹⁾。そこで、機械学習の一種である Support Vector Machine(SVM)を用いて既存のボーリングデータを学習させ、ボーリングデータが浅く乏しい地点の深層及びボーリングデータがない任意の地点における層厚予測や地層の 3 次元モデルの構築を行った。

2. 予測方法

図 1 の左図は、本研究における対象地域(東西 1450m、南北 1140m)及び Dg2 層以深を確認できるボーリングデータの位置を標高と共に示す。対象地域の西側は標高が上昇している。また、データの位置は、図の左下及び右上に多く集まり、左上及び右下は乏しく、データ量にばらつきがあることが確認される。図 1 の右図の断面①～④は検証用データに用いる断面(4 本、各 6 点)及び対象地域に設けた地層補間地点(東西方向に 30、南北方向に 20 の計 600 地点)を示す断面①～④をそれぞれ検証するとき、検証を行う断面ごとに 6 点除き、各層残りのデータを学習データとして精度が最も良いものを予測モデルとし地層補間地点における推定地層境界面及び層厚を予測する。表 1 は各層における使用データ数の割合であり、下層に行くほどデータ数は減少する。

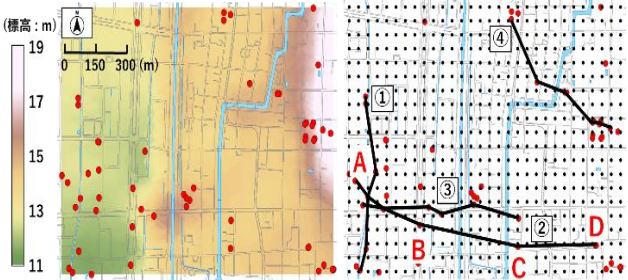


図 1 対象地域図と検証断面及び地層補間地点

表 1 使用データ数

	標高	沖積層	Dg1層	Dc1層	Dg2層
データ数	110	110	110	61	54
学習データ数	104	104	104	55	48
検証データ数	6	6	6	6	6

3. 予測結果

図 2 の左側に SVM の断面①から④における検証結果を実層厚と各層厚予測値との平均絶対値誤差(MAE)である。左図から断面②が最も誤差が少なく精度の良いモデルとなったため、断面②を予測モデルとして採用した。また、断面④にて、Dg1 層の MAE が唯一 3.0m以上を示している。要因としてデータ数が多い一方、Dg1 層の実層厚にばらつきが多いため MAE が大きくなったと考えられ、予測モデルとしては不十分な結果であった。図 2 の右側はクリギングの MAE である。SVM の結果と比較し、いずれの断面も MAE が大きくなっている。特に、Dg2 層における検証は断面②を除き、2.0m以上の誤差が生じている。実層厚のデータ量が乏しいため深層におけるクリギングでの予測は精度に欠けている。図 3 に断面②のモデルを用いて当該断面を通る補間地点における各層の予測下端値の結果を示す。AD 間の線形補間した結果、線形補間と B では Dc1・Dg2 層下限で約 3m、C では全層で約 5m の乖離があり A から D にかけて下層の Dc1・Dg2 層に緩やかな上昇が確認できる。また、クリギング補間は各ボーリングデータに沿うように平坦地や緩やかな地表・地層の昇降に対し傾向を捉えた滑らかな地層構造を示したもの

キーワード 機械学習, 地盤構造

連絡先 〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3 丁目 3 番 35 号 関西大学 TEL 06-6368-0837

である。対して、SVM での補間結果では、河川を挟み局所的な標高の昇降が見られる BC 間において、Dg1・Dc1・Dg2 層の下端予測値が標高に沿う様な起伏のある地層構造を表している。また、CD間では線形補間やボーリングデータが示すように地層全体が緩やかに上昇するとともに層厚が変動しているが、Dc1 層、Dg2 層における下端予測値も昇降傾向を示し、予測層厚での大きなばらつきは見られず、SVM ではデータ量が減少する下層においても起伏のある推定断面を示し、乖離の少ない予測結果となった。

4. 地層の連続性の評価及び3次元モデルの構築

図4は補間地点による地層の連続性と推定地層境界面を南東方向から3次元サーフェイスで示す。図4からDc1層、Dg2層は層厚ばらつきが見られず、地層の連続性が確認できるが、沖積層、Dg1層は層厚が一定とはならず、ばらつきがあることが窺える。図5はSVM、図6はクリギングでの、補間地点の各層の推定境界面の3Dモデルから対象地域内の中央東西方向の断面を、ボーリングデータとともに2D断面で示したものである。図5・6から、左端は標高が低くボーリングデータが密集するため、両手法は推定精度の高い結果を示すが、断面中央に位置する2本の河川付近及びデータがない断面右端における地質構造の予測結果に差が見られる。図6のクリギングではDc1・Dg2層下限境界面でのボーリングデータと約3mの乖離が確認されるほか、緩やか且つ滑らかな様子のみを示す。しかし、図5のSVMでは、Dc1・Dg2層下限境界面での乖離が僅かな上、局所的な標高の昇降に伴った起伏の大きい境界面となった。SVMを用いた本モデルは、少量のボーリングデータから、推定精度の高い深層の地層構造や連続性を把握し、深層の粘土層や帯水層において、局所的に変化を示す地質構造を3次的に示すことができた。また、本モデルは機械学習を用いているため、数値解析モデルのデータへの変換も可能である。

5. まとめ

本研究では、地下水利用が盛んな京都市伏見地域を対象に、SVMによる層厚予測と連続性及び3次元モデル構築の結果、本モデルは、ボーリングデータ量が少ない粘土層・帯水層にて、局所的な標高の昇降に伴った起伏の大きい推定境界面や層厚の傾向を捉えた地層の連続性と層厚が一定であることを示した。要因として、従来法の面で予測するクリギングと異なり地層を縦方向に予測するという特性を生かしたためと考えられる。

参考文献

1)大林組：三次元地層推定手法による地盤構造の可視化,大林組技術研究所報 No.83 2019.

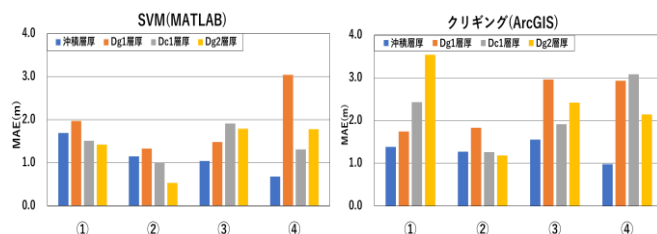


図2 各断面のMAE (左:SVM 右:クリギング)

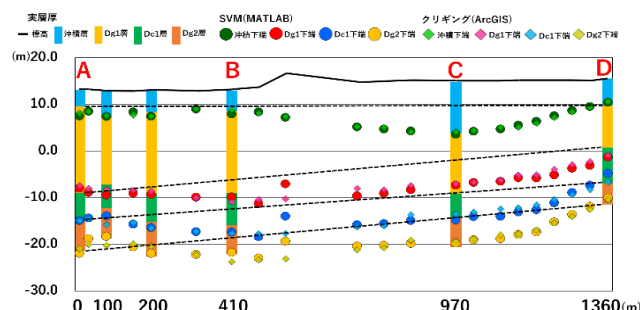


図3 断面②における地層境界面の予測結果

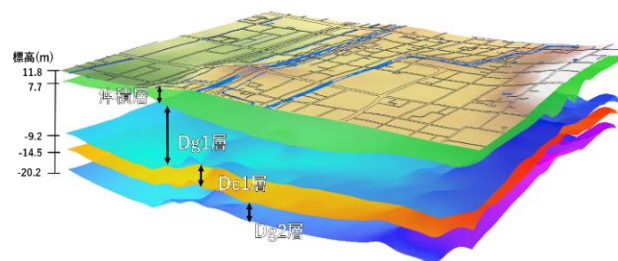


図4 対象地域の予測地層境界面図

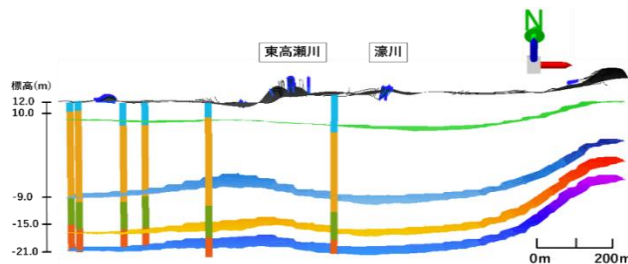


図5 SVMによる3Dモデルの2D断面

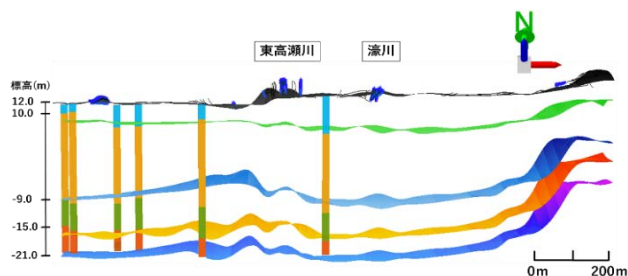


図6 クリギングによる3Dモデルの2D断面