

○ 京都大学工学部 学生会員 黄瀬周作
 京都大学大学院 正会員 大西有三
 京都大学大学院 正会員 大津宏康
 京都大学大学院 正会員 西山 哲
 建設技術研究所 正会員 李 圭太

1. はじめに

近年、地上・地下ともに構造物が大規模になる傾向にあり、以前にも増して地盤の特性を知る重要性が増している。そして、構造物を建設する際地盤の特性を把握し判断しなければならない。地盤物性値の計測には、有限個のボーリングデータから地盤全体の特性を把握し、またそのデータを客観的に把握しなければならない。従って、本研究では、空間分布推定に地盤統計学の補間手法の一つである kriging を用い物性値を推定する。

2. 解析手法¹⁾

kriging により推定を行う物性値 $Z(x)$ を、トレンド成分 $\mu(x)$ と、ランダム成分 $\varepsilon(x)$ の和として表現できると仮定する。ここで x は、 Z が観測された地点を表す。

$$Z(x) = \mu(x) + \varepsilon(x) \quad (\text{式 1})$$

ここで $\varepsilon(x)$ の平均は 0 である。推定する物性値に何らかの傾向が存在する、つまりトレンド成分 $\mu(x)$ が存在するときは $\mu(x)$ の関数形を決定する。

$$\gamma^*(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^N \{Z(x_i + h) - Z(x_i)\}^2 \quad (\text{式 2})$$

ここで、 N は距離 h で隔てられた観測点对の数である。そして、 $\gamma^*(h)$ を縦軸に h を横軸にとった散布図を作成し、 $\gamma(h)$ の関数形を推測する。本研究では関数形を指数型として最小 2 乗法により決定した。 $\gamma^*(h)$ は、場が一般的な空間的相関関係を持つ場合には単純増加となり、 Z の分散の値が ∞ でないのならば $\gamma(h)$ の割合は減少し、ある距離からは距離が増加しても $\gamma(h)$ の値は増加しなくなる。このときの距離を range(影響範囲)、そして $\gamma(h)$ が到達する値を sill(閾値)という。sill は理想的には Z の分散になる。

次に、得られたセミバリオグラムを用いて kriging を行った。kriging は最適線形不偏推定法と呼ばれている。推定値 Z_0^* は複数の計測値 Z_i にそれぞれ重み λ_i をかけ、その和で表現される。その重みの総和が 1 となるため線形である。

$$Z_0^* = \sum_{i=1}^n \lambda_0^i Z_i, \quad \sum_{i=1}^n \lambda_0^i = 1 \quad (\text{式 3})$$

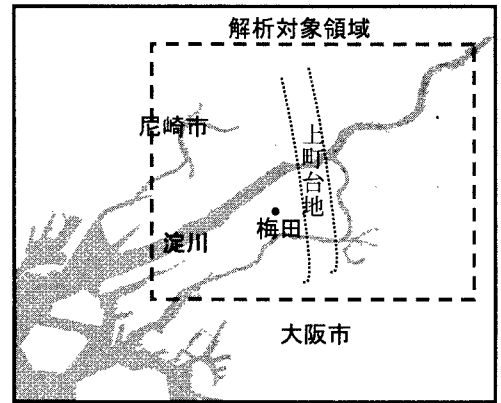


図1 対象領域

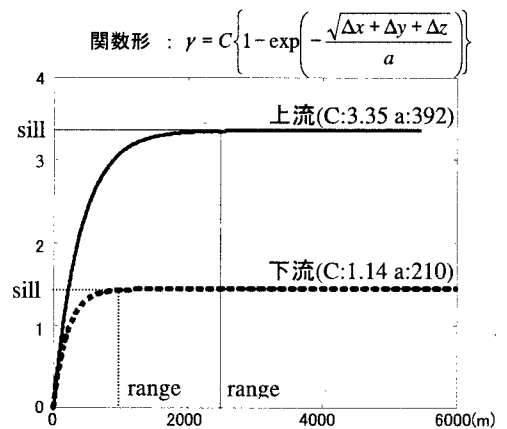


図2 セミバリオグラム

また、誤差平均を 0 にしているため不偏であり、誤差分散を最小化しようとしているために最適といえることができる。推定したい領域の各位置で kriging を行うことにより、全領域での地盤物性値の空間分布と推定誤差分布を得ることができる。

3. 適用事例

kriging を用いて淀川流域(図 1)において、洪積層と沖積層の境界面深度(O.P.m)の空間分布推定を行った。解析対象地盤は、淀川の河口から約 17km までの下流域である。ボーリング孔は堤体・堤内・堤外 3 本がほぼ 200m おきに存在する。kriging は地盤が統計的に均質であるというを仮定しているため²⁾、地層を遮断している上町台地の下流側と上流側に分けて解析を行うこととした。

図 2 にセミバリオグラムとその関数形を示した。トレンド成分は平面と仮定し、最小 2 乗法により決定した。明らかに上流側と下流側で傾向が異なる。下流側はシルが比較的小さくレンジ(影響範囲)も小さい。すなわち、微地形の影響を含まず、平均的に基盤深度を設定しても大きな誤差は生じない地形である。それに対して上流側は、下流側に比べてシル・レンジ共に大きくなっており、微地形の影響を含んだ結果となっている。上流側は平均的に基盤深度を設定した場合には大きな誤差を生む危険性のある地形である。

図 3・図 4 は境界面深度分布の推定結果である。下流側は左岸・右岸での基盤深度の相違が少なく、トレンドに支配される線形的な分布となっている。上流側は、カーブした領域で左岸・右岸の基盤深度が明らかに異なっている。カーブ外側(左岸側)が侵食され河床が深くなる傾向を示している。

4. 結論

本研究で示した手法の特徴は以下の通りである。

1. 解析者の主観が入りにくい。
2. 2 次元的相関関係をとらえることが可能である。
3. いかなる断面図も作成できる。
4. 確定値ではなく、そのばらつきをも考慮に入れている。

参考文献

1)大西有三・田中誠・大澤英昭：不均質地盤内の地盤定数の推定に関する基礎的研究、土木学会論文集 No.457/Ⅲ-21,pp51-58,1992.12
2)本多眞・鈴木誠・上田稔・近藤寛通：地形上方を用いた基礎地盤面のモデル化と推定、土木学会論文集 No.561/Ⅲ-38,pp63-74,1997.3

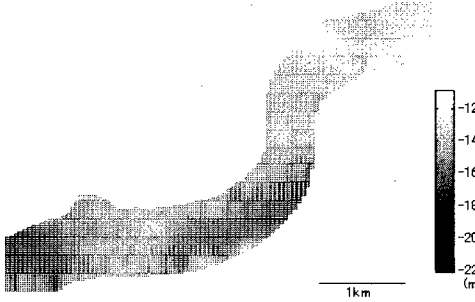
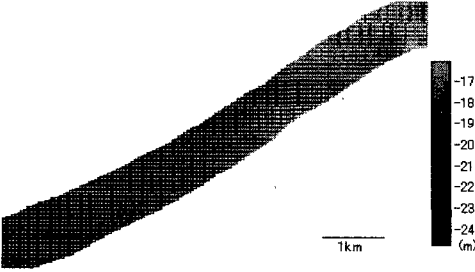


図 4 推定結果(上流側)