

スパースモデリングとクリギングを用いた2次元空間分布推定の基礎検討

東京都市大学 学生会員 ○渋谷 侑希
 東京都市大学 学生会員 津田 悠人
 東京都市大学 正会員 吉田 郁政

1. はじめに

地盤に構造物を建造する際に、地盤物性値の分布を把握することは必要不可欠である。限られた数のボーリング調査から未観測地点の地盤の物性値等の分布を予測する方法の1つとして、クリギングが知られている¹⁾。クリギングはトレンド成分周りのランダム成分を推定する方法である。トレンド成分は各層の平均成分を表しているが、多くの既往の研究では、トレンド成分の不連続な変化、すなわち層境界は経験的に決めている。吉田ら²⁾は層境界やトレンド成分の値をスパースモデリングによって推定する手法の提案を行ったが、実測データを用いた検討であり、得られた値の妥当性については十分な検討はできていない。

そのため、本研究では3層からなるトレンド成分にランダム成分を加えたサンプル実現値を作成し、推定手法の妥当性について検討を行う。

2. スパースモデリング及び fused lasso の概要

スパースモデリングとはデータのスパース性に着目し、データ内の特徴的な要素のみを抽出し、データの本質に関係のない要素を省いてモデル化する方法の総称である³⁾。医療用MRIや画像処理などの様々な分野で活用されている。スパース性とは成分の大部分が0となる性質である。本研究ではスパースモデリングの方法の1つである fused lasso (least absolute shrinkage and selection operator) を用いる⁴⁾。fused lasso は時系列データや画像データなどの順序関係があるデータの解析に多く使われている。本研究に用いる fused lasso の目的関数を式(1)に示す²⁾。

$$\min_x \left\{ \frac{1}{2} \|z - T\bar{x}\|_2^2 + \frac{1}{b} \|D\bar{x}\|_1 \right\} \quad (1)$$

第1項はトレンド成分と観測量の一致度、第2項は層区分の細かさに対するペナルティ項である。ここで、 z は観測値、 $\bar{x}$ は評価点(観測点以外)におけるトレンド成分、 D は空間差分を行うための行列、 T は観測点のトレンド成分と推定点のトレンド成分を関係付ける行列である。 b はスパース性を決めるパラメタである。

本研究では層区分を推定するためのデータは地盤物性値を想定しているが、地盤物性値そのものは一般的にはスパースではないため、地盤物性値のトレンド成分の差分の空間つまり微分値の空間に対して、スパース性を仮定している。図-1に層区分における fused lasso の考え方を示す。差分(微分)を取った空間では同一層内はトレンドの値が同じになりその差分は0、層境界でのみ数値をとるスパースな空間となる。

3. 架空の2次元モデルの作成

検証のために作成した架空の2次元モデルを図-2に示す。ボーリング調査点は7点で1地点あたり30個の物性値が0.5m間隔に得られているとし、トレンド成分の値は上の層から順に5, 10, 15と仮定している。それに加え、場の標準偏差1.0、観測量

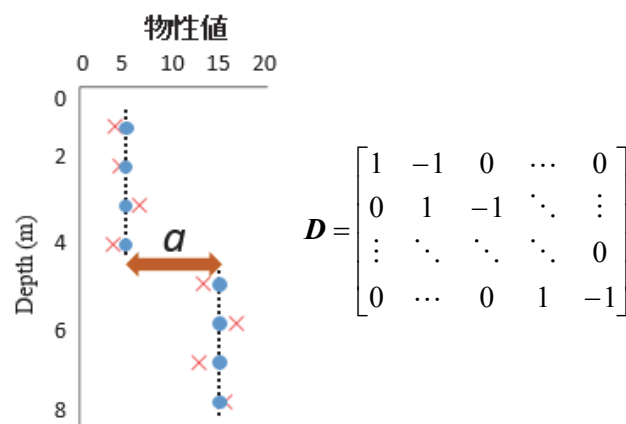


図-1 層区分における fused lasso の考え方

キーワード スパースモデリング,トレンド成分,スパース性

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 都市工学科 TEL 03-5707-0104

誤差の標準偏差 0.5, 自己相関距離鉛直方向 1.0m, 水平方向 10m の条件でランダム成分を生成したのち, トレンド成分に足し合わせることで模擬データを作成した. 作成した模擬データを図-3 に示す.

4. 層区分の推定結果

スパース性を決めるパラメタ b を対象に鉛直方向 b_v , 水平方向 b_h に分けて, BIC 最小の場合に推定された層区分が図-2 と一致するか確かめた. 自己相関距離などのパラメタは模擬データ生成時の真の値を使用した.

図-4 に BIC とパラメタ b の関係を示す. モデルの妥当性の指標としてベイズ情報量基準 (以降 BIC) を用いる. まず, 十分小さな値 $b_h=0.1$ で固定して (水平方向に均質), b_v を 0.1 から 2 まで 0.1 刻みで大きくした. $b_v=0.1$ では単一の層, 0.8 で 2 層, 1.1 で 3 層, 1.2 で 4 層, 1.3 で 5 層, 1.4 で 6 層の区分となった. BIC は $b_v=1.2$, 4 層のときに最小となった.

次に $b_v=1.2$ で固定し, b_h を 0.1 から 2 までについて 0.1 刻みで大きくした. 大きくするに従い, 水平方向も均質ではなくなり, $b_h=0.9$ のときに BIC 最小となった. その時の推定された層区分を図-5 に示す. 図-2 に示す真の分布と整合した結果になっていることが分かる.

5. おわりに

本研究では作成したサンプル実現値よりトレンド成分に関する層区分の推定の妥当性について検討を行った. その結果, 情報量基準 BIC 最小の値の場合に推定された層区分は, 真の層区分と整合するものとなった. 今後の課題としては本報告では自己相関距離等のパラメタは真の値を用いているため, データからこれらのパラメタの推定も行う必要があり, 現在検討中である.

参考文献

- 1) 間瀬茂: 地球統計学とクリギング法-R と geoR によるデータ解析-, 株式会社オーム社, 2010.
- 2) 吉田ら: スパースモデリングとクリギングを用いた空間分布推定手法の基礎研究, 土木学会論文 A2, Vol.75, No.1, pp.1-11, 2019.
- 3) 日高ら: スパースモデリングって何だ? データ構造を解き明かす先端技法, 株式会社カットシ

ステム, 2017.

- 4) Tibshirani et al.: Sparsity and smoothness via the fused lasso, J. R. Statist. Soc. B, 67(1), pp. 91-108, 2005.

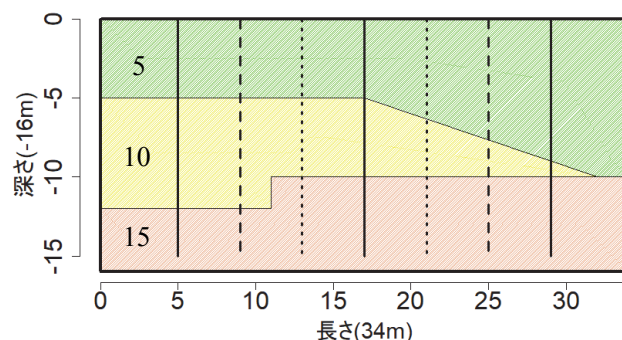


図-2 作成した架空の2次元モデル

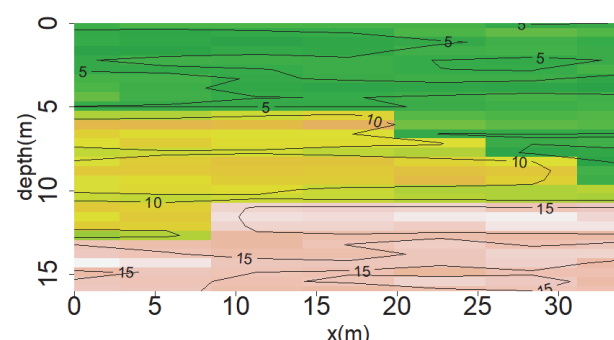


図-3 模擬データの分布

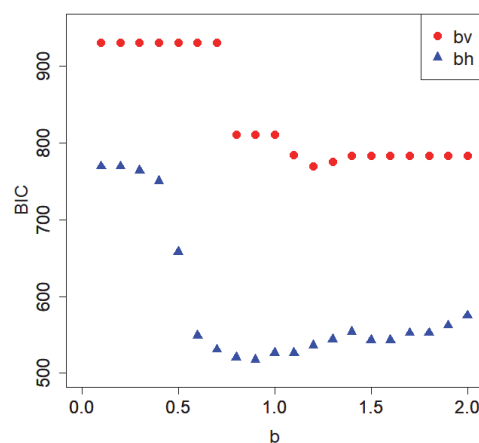


図-4 パラメタ b_v, b_h の BIC の変動

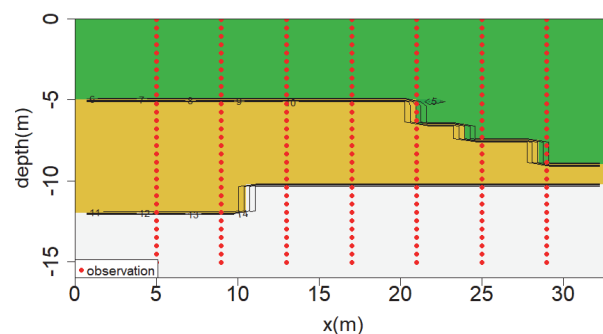


図-5 $b_v=1.2, b_h=0.9$ で推定した層区分