

スパースモデリングの物理検層データへの適用の試み

東電設計(株) 正会員 ○栗田 哲史

1. はじめに

大量のデータから意味のある一部の情報だけを抽出し、全体の現象を表現するモデルを構築する方法として、スパースモデリングという技術が機械学習や画像処理などの分野で活用されている。本研究では、このようなスパースモデリングの方法を地盤の物理検層データに適用し、その実用性について検討することを目的とする。

2. 1次元 Fused Lasso

本研究では、対象とする現象が次式のような線形モデルで表され则认为。

$$y_i = \beta_1 x_{1,i} + \beta_2 x_{2,i} + \cdots + \beta_m x_{m,i}, \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

式(1)で、 y_i は従属変数、 $x_{m,i}$ は説明変数、 β_m は回帰係数である。Tibshirani and Taylor¹⁾に従ってスパースモデリングの代表的手法 lasso の理論について述べる。即ち、generalized lasso は以下の最適化問題に帰着する。

$$\hat{\beta} \in \arg \min_{\beta} \frac{1}{2} \|\mathbf{y} - \mathbf{X}\beta\|_2^2 + \lambda \|\mathbf{D}\beta\|_1 \quad (2)$$

ここで、 $\hat{\beta}$ は generalized lasso の解ベクトル、 $\mathbf{y}$ は観測量ベクトル、 $\mathbf{X}$ は説明変数行列、 $\mathbf{D}$ はペナルティ行列、 $\lambda \geq 0$ は正則化パラメータである。なお、 $\|\cdot\|_1$ は L_1 ノルム、 $\|\cdot\|_2$ は L_2 ノルムである。式(2)の generalized lasso より、 $\mathbf{X}=\mathbf{I}$ として1次元の fused lasso は次式の通りとなる。なお、 $\mathbf{D}$ は隣り合うパラメータ間の1階差分を求めるように設定している。

$$\hat{\beta} = \arg \min_{\beta} \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (y_i - \beta_i)^2 + \lambda \sum_{i=1}^{n-1} |\beta_{i+1} - \beta_i| \quad (3)$$

式(3)の正則化項の効果によって、不連続点が少ない解が推定される。

3. 物理検層データのスパースモデリング

熊本県益城町で行われた地盤調査結果(PS 検層²⁾及び密度検層³⁾)に対して式(3)の fused lasso を適用した。正則化パラメータの値を変化させてモデル化した結果を図-1に示す。正則化パラメータの値と推定モデルの自由度との関係を図-2に示す。正則化パラメータの値を大きくするとモデルの自由度が小さくなる。

1次元 fused lasso でモデル化した密度・速度構造を用いて算定した工学的基盤～地表の表層地盤増幅率の伝達関数(2E/2E)を図-3に示す。ここで、工学的基盤はVsが最大となる層としている。3つの地盤モデルで表層地盤の増幅特性が明確に異なっている。各表層地盤伝達関数の1次卓越振動数とその時の増幅率を図-4に示す。正則化パラメータの値が大きくなると卓越振動数が大きくなり、逆に増幅率のピーク値が小さくなることが分かる。図-5に示す通り、この理由は各地盤モデルの工学的基盤のVsと基盤深さによって説明できると思われる。

4. まとめ

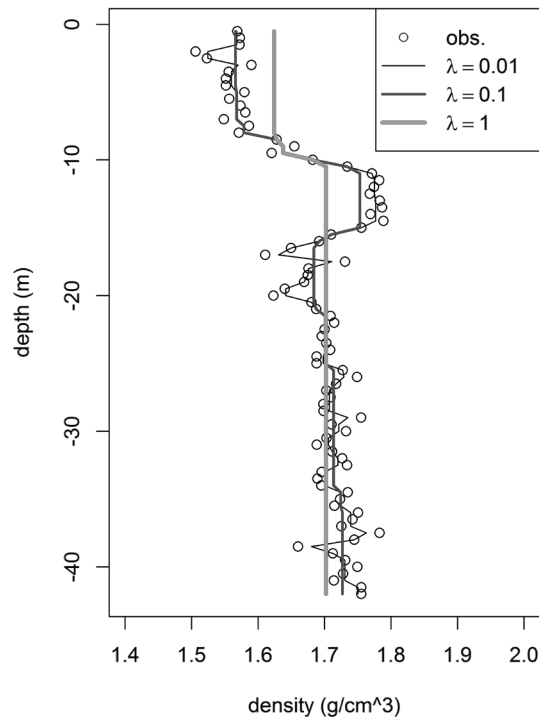
本研究はスパースモデリングを物理検層データに対して適用し、得られる地盤モデルの特性について検討した。検討の結果、正則化パラメータの値によって表層地盤増幅特性が変化することが分かった。従って、地盤調査結果にスパースモデリングを適用する場合には、適切な正則化パラメータの値を設定することが重要であると言える。

参考文献

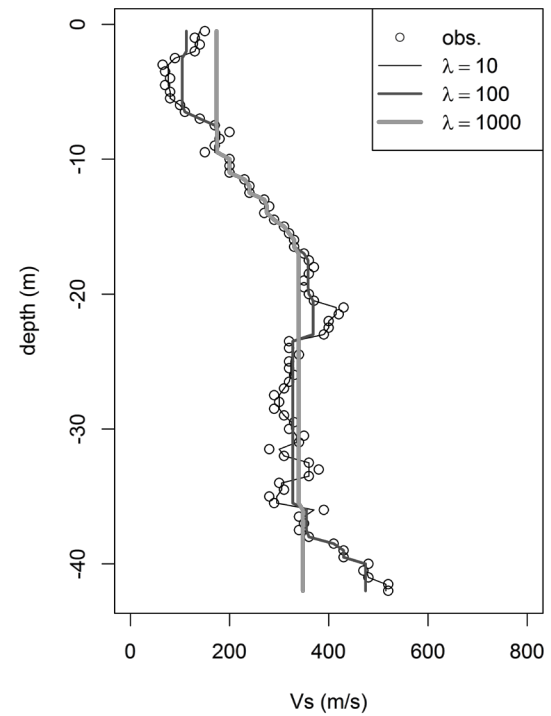
- 1) Tibshirani and Taylor: The Solution Path of the Generalized Lasso, The Annals of Statistics, Vol.39, No.3, 1335-1371, 2011.
- 2) 吉見 他：熊本県益城町の2016年熊本地震被害集中域におけるボーリング調査結果(速報)，日本活断層学会2016年度秋季学術大会, P17, 2016.
- 3) 新垣 他：益城町の2016年熊本地震被害集中域の表層に分布する凝灰質土の物理特性・動的変形特性，土木学会論文集 A1 (構造・地震工学)，Vol.73, No.3, pp.552-559, 2017.

キーワード スパースモデリング, fused lasso, 正則化パラメータ, 地盤モデル, 物理検層

連絡先 〒135-0062 東京都江東区東雲 1-7-12 KDX 豊洲グランドスクエア 9F 東電設計(株)技術開発部 TEL 03-6372-5111



(1) 密度分布



(2) Vs 分布

図-1 50cm 間隔で得られている地盤調査データのスパースモデリング結果

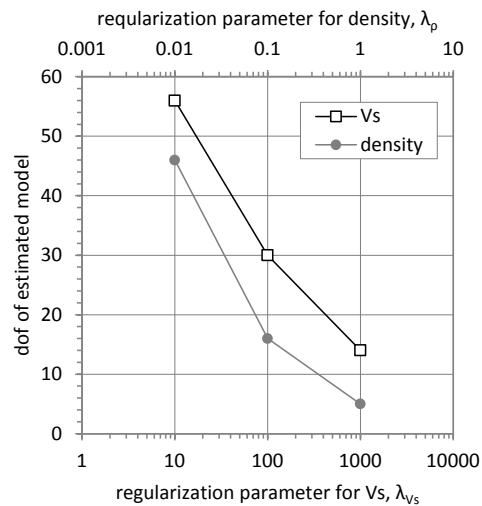


図-2 スパースモデリングの正則化パラメータと推定モデルの自由度との関係

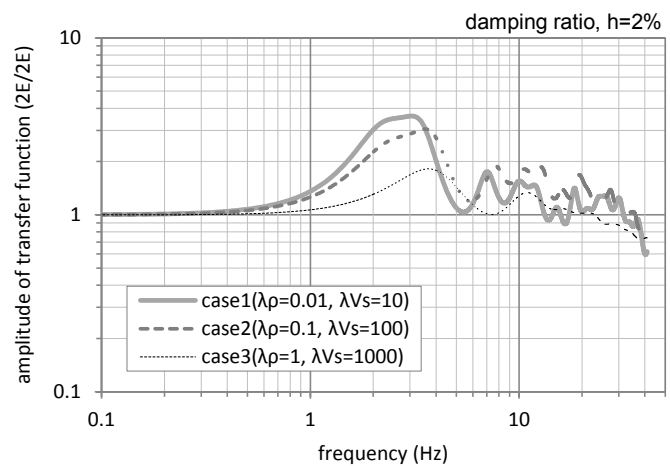


図-3 スパースモデリング結果による工学的基盤～地表の表層地盤増幅率伝達関数

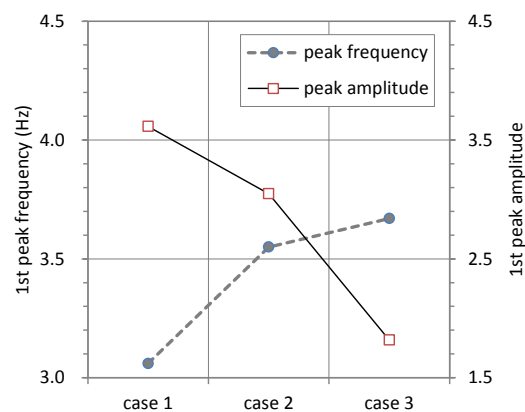


図-4 各表層地盤伝達関数の1次卓越振動数と増幅率

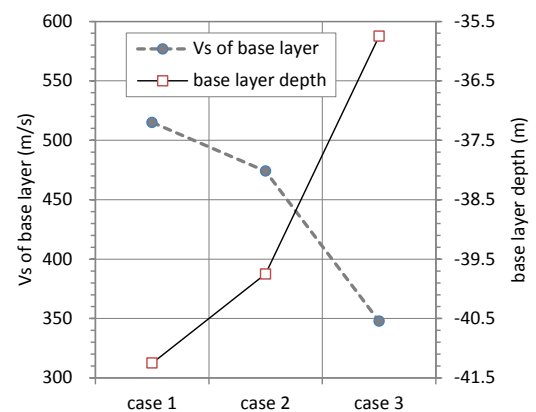


図-5 各表層地盤モデルの工学的基盤 Vs と深度