

関西大学環境都市工学部都市システム工学科	学生員	○大藤 貴也
関西大学学長	フェロー	楠見 晴重
関西大学環境都市工学部	正会員	中村 真
関西大学大学院理工学研究科	学生員	山本 龍

1. はじめに

我が国の道路は、高度経済成長期に急ピッチで整備されてきた。それに伴って建設された膨大な数の吹付け法面は、現在劣化が進んでおり、これらの吹付け法面の安定性、耐久性を、効率良く把握、評価する必要がある。吹付け法面の安定性に関わる問題は、背面地山の風化や変動が大きく影響するため、物理探査を用いる方法がとられている。しかし、単独の探査では解釈に限界があり、複数の探査で評価することが望まれる。そこで、本研究では弾性波探査、表面波探査、電気探査、電磁波探査に着目し、原位置で得られた各々のデータを自己組織化マップに適用することで、複数の探査結果の複合的評価を試みた。

2. 研究対象法面

本研究の解析対象地点は、京都府福知山市三和町大身地区の国道9号沿いの切土法面で、図-1に示すような国道の南側に隣接した、長さ200数十m、高さ約50mの比較的大規模な吹付け法面（A地区）と無支保法面（B地区）の2地点である。地質は、中生代三畳紀～ジュラ紀の丹波層群にあり、主に砂岩層、砂岩頁岩互層、玄武岩質溶岩より構成される。

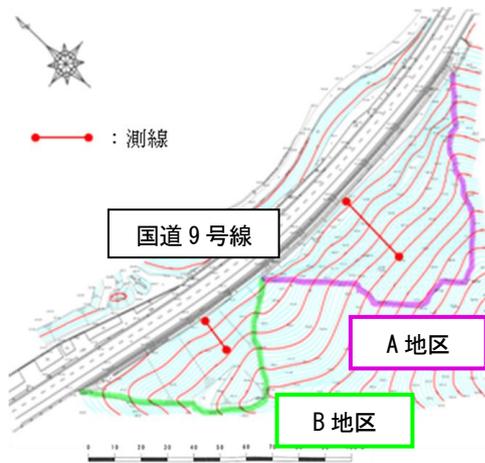


図-1 研究対象法面

3. 解析手法

3.1 自己組織化マップ概要

自己組織化マップ(Self-Organizing Maps ; SOM)^{1)~3)}とは、教師無し学習ニューラルネットワークの一種である。特徴は、類似した特徴を持つデータは近くに、異なった特徴を持つデータは遠くに配置されたマップを作成し、高次元のデータを二次元平面に写像することである。図-2に、解析フローチャートを示す。始めに、解析を行う前の準備として、入力ベクトルとは別に、入力ベクトルと同じ次元をもつ個々のノードを2次元平面にランダムに配置されたベクトルを与え、マップを初期化する(図-2. a)。マップの初期化後、マップに対して入力ベクトルを学習させ、個々のマップ上でのノードと入力ベクトルを比較し、次式に示されるデータ間の類似度を表すユークリッド距離が最小になる勝者ベクトルを探索する(図-2. b)。

$$d = \|x_i - m_j\| = \sqrt{\sum_{k=1}^n [x_{ik} - m_{jk}]^2} \quad (1)$$

ここに、 d はユークリッド距離、 x_i は入力ベクトル、 m_j はマップ上の参照ベクトルである。次に、勝者ベクトルおよびその周辺の近傍ベクトルは次式に従って入力ベクトルを学習する。近傍サイズは学習とともに小さくしていく(図-2. c)。

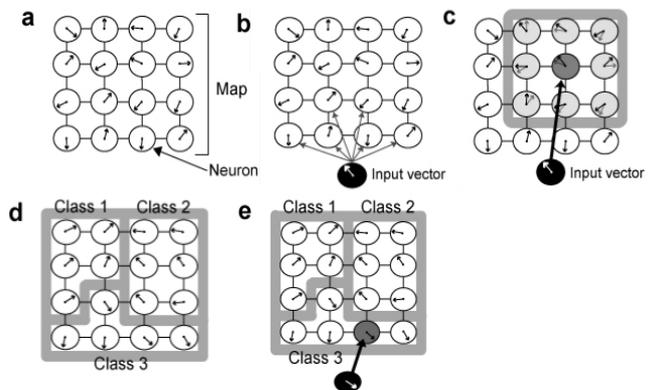


図-2 自己組織化マップ解析フローチャート

$$w_i(t+1) = w_i(t) + h_{ci}(t)[x_i(t) - w_i(t)] \quad (2)$$

ここに、 $w_i(t)$ は学習能力、 $h_{ci}(t)$ は近傍ベクトルのサイズを決定する近傍関数、 t は学習での時刻である。勝者ベクトルの探索と学習を複数回繰り返すと、マップ上では類似性の高いベクトルが隣接するように配置され、マップのクラス化が可能となる(図-2. d)。最後にクラス化されたマップに対して、入力ベクトルを当てはめることによって、各入力ベクトルがどのクラスに分類されるかが分かる(図-2. e)。

3.2 クラスタリング概要

本研究でクラスタリングに用いたのは k-means 法⁴⁾であり、非階層型クラスタリング手法の1つである。マップ上に形成された各クラスター候補群の重心が最適値になるように、クラスを分割する。k-means 法によって、自己組織化マップから得られたマップ図を客観的にクラスタリングを行うことができる。

3.3 クラス分類結果

SOM による総合評価には、P 波速度分布(図-3)、S 波速度分布(図-4)、比抵抗分布(図-5)、電磁波速度分布(図-6)の結果を用いた。ここでは無支保法面(B 地区)を取り上げる。k-means 法によりマップをクラスタリングした結果(図-7)と分類結果(図-8)によって各クラスの特徴をみることができる。各探査の物理量や RQD, 岩級区分などから次のような岩盤性状が考察できる。表層付近のクラス 4 は脆弱部で風化の影響を受け、クラス 3 は高含水、クラス 2 はクラス 3 に比べて良好な岩質、クラス 1 は比較的硬質で低含水な岩質であることが推定される。

4. まとめ

本研究では、4 つの物理探査から得られた異なる物理量を、SOM と k-means 法を用いてクラスタリングを行った。その結果、各クラスが有する岩盤性状の推定に有効であることから物理探査の複合評価手法になりうるということが認められた。今後の展望として、各探査データの時系列変化においても SOM を用いることで、風化や帯水状況といった地盤内部の状況の変化を評価することも可能であると考えられる。

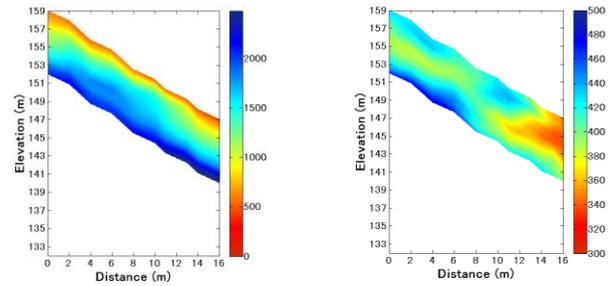


図-3 P 波速度分布図

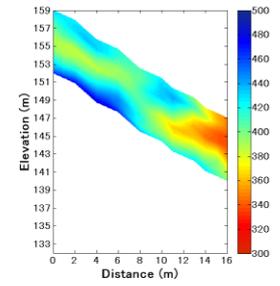


図-4 S 波速度分布図

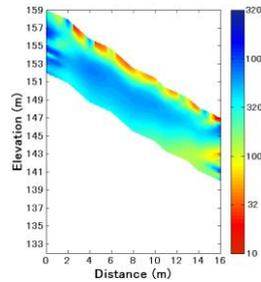


図-5 比抵抗分布図

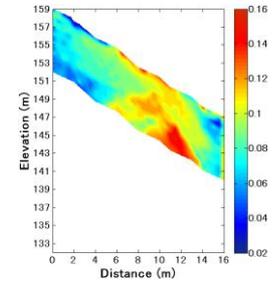


図-6 電磁波速度分布図

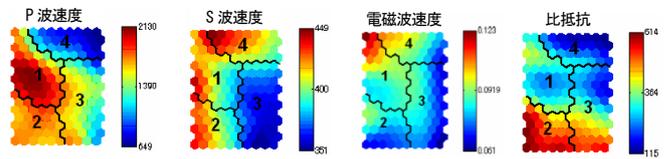


図-7 各物理探査データのマップ

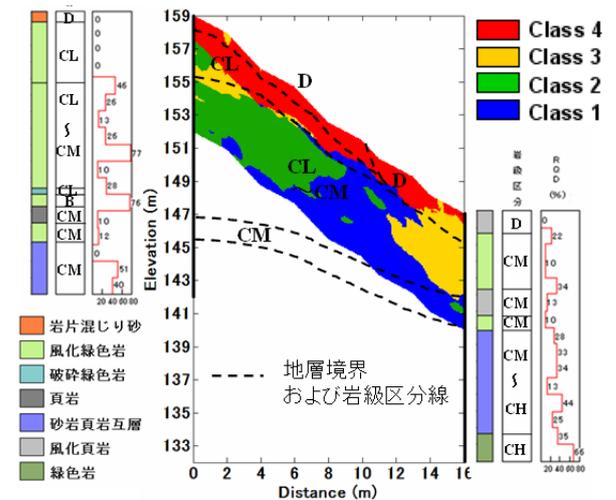


図-8 分類結果

参考文献

- 1) 徳高 平蔵, 藤村 喜久郎, 山川 烈 監修: 自己組織化マップ応用事例集 SOM による可視化情報処理, 海文堂, 2002.
- 2) Kohonen, T.: *Self-Organization and Associative Memory*, Heidelberg: Springer, 1984.
- 3) 宮川 歩夢, 辻 健, 松岡 俊文, 山本 剛: 自己組織化マップを用いた複合物理探査による堤防内土質形状の分類, 土木学会集 C, Vol.66, No.1, pp.88-99, 2010.
- 4) 宮本 定明: クラスター分析入門 ファジィクラスタリングの理論と応用, 森北出版株式会社, 1999.