

補助情報を用いた透水係数分布の推定
 Estimation of permeability distributions with soft data

○ 小林 晃*・井上 敬資*・青山 成康*
 Keisuke INOUE, Akira KOBAYASHI and Shigeyasu AOYAMA

1. 概要

岩盤における透水係数分布の推定には地盤統計学の Simulation がよく用いられる。この手法では透水係数の累積確率分布や、距離の関数としての相関を表すバリオグラム、観測データ等を満足するように透水係数を分布させることができる。本研究では、未知パラメータと相関のある他のパラメータの情報も線形回帰に組み入れることができる Indicator Simulation を用いる。そして、同一地点で複数の補助情報が与えられている時、その地点における累積確率分布の推定範囲を狭くし、推定精度を向上させることを目的とする。また、モデル試験と原位置試験で本手法の適用性を検討する。

2. Indicator Simulation¹⁾

Indicator Simulation では前もって補助情報と未知パラメータの関係から、補助情報のクラス毎に未知パラメータの累積確率分布を求める(図1)。そして補助情報が実測された時、実測した補助情報の値が含まれるクラスの累積確率分布をその地点での未知パラメータの累積確率分布として用いる。本手法では未知パラメータと補助情報 の他に補助情報 が同一地点で実測されている場合さらに補助情報 のクラス毎に累積確率分布を求める(図2)。

3. モデル試験

本手法をモデルにより検討する。図3のような4本のボーリング孔がある領域において Indicator Simulation により未知パラメータを全要素に分布させ、各々の未知パラメータに対して相関係数を満足するように補助情報を与える。そして、全要素の補助情報と未知パラメータの関係から未知パラメータの累積確率分布を作成する。本論では補助情報の特性に注目しているため、未知パラメータの計測データはないものとし、図3の4本のボーリング孔で補助情報のみが観測されたとする。Indicator Simulation で30パターンの透水係数分布を作成し、全領域において推定値と真値との誤差 $e(u)$ を式(1)で求め推定精度を検討する。

$$e(u) = \frac{1}{30} \sum_{l=1}^{30} \{z^l(u) - z^*(u)\}^2 \quad (1)$$

ここに、 u は場所、 z^* は真値、 z^l は30パターンの Simulation の内 l 番目のパターンにおける推定値を表す。また、補助情報と未知パラメータの相関係数は0.2, 0.3, 0.4, 0.5となるように4種類作成した。

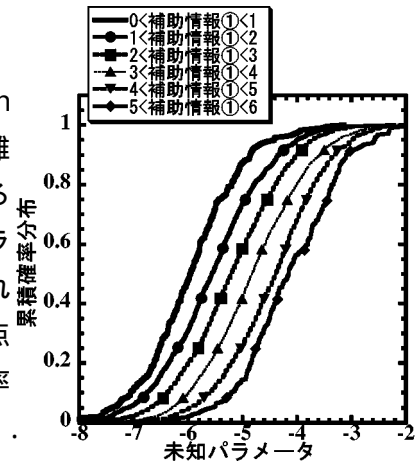


図1 補助情報 からの累積確率分布
 CDF from soft

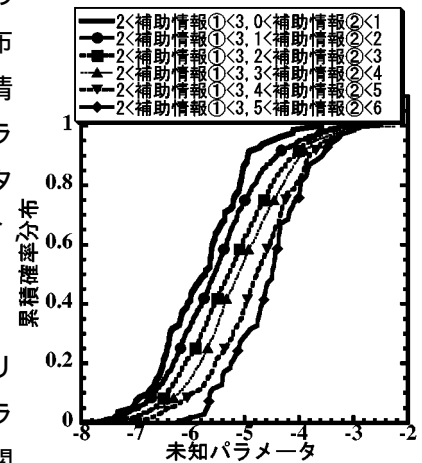


図2 補助情報 , からの累積確率分布
 CDF from soft and soft

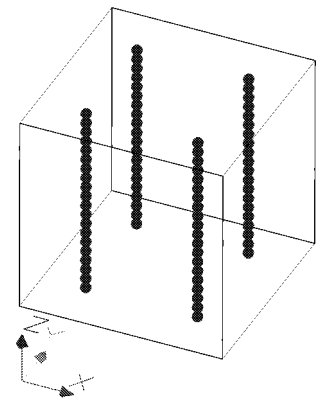


図3 モデルの概要図
 Schematic view of model

*京都大学大学院農学研究科；Graduate School of Agricultural Science, Kyoto Univ.

ボーリング孔において単一の補助情報のみを用いて Indicator Simulation を行った場合の全要素における推定誤差の平均値を表 1 に、複数の補助情報を用いた場合の全要素における推定誤差の平均値を表 2 に示す。結果として、透水係数との相関係数が高い補助情報を用いれば全要素における誤差の平均は小さくなり、推定精度が上がった。また、複数の補助情報を用いた場合は補助情報を一種類のみ用いた場合より誤差の平均は小さくなり、推定精度が上がった。

4. 原位置試験

図 4 に示すあるダムで得られたボーリング孔の実測データを用いて本手法を検証する。ボーリング孔ではルジオン値、弾性波速度、比抵抗、岩種が同一地点で観測された。全てのボーリング孔でルジオン値と補助情報が実測されたが、図 4 に示すように、これらのボーリング孔を A, B, C の 3 つの群に分け、ボーリング A 群ではルジオン値が、ボーリング B 群では補助情報が実測されたとした。そして Indicator Simulation により 30 パターンのルジオン値分布を求め、ボーリング C 群においてルジオン値の推定値と実測値の比較を行った。実測値と推定値の平均値の一例として補助情報に比抵抗と岩種を用いた場合を図 5 から図 8 に示す。

推定値の平均は実測値の傾向を概ね再現した。補助情報の組み合わせによる改善は微小であったが、表 3 に示すように分散の値は補助情報を組み合わせることにより小さくなった。これより本手法では推定誤差の改善は微小であるが、推定した分布の平均値の信頼度は上がることが分かった。

表 1 単一の補助情報を用いた場合
Case with a kind of soft data

相関係数	0.2	0.3	0.4	0.5
誤差の二乗平均	1.961	1.928	1.894	1.847

表 2 複数の補助情報を用いた場合
Case with kinds of soft data

組み合わせ相関係数	0.4-0.3	0.4-0.3-0.2
誤差の二乗平均	1.8363	1.8355

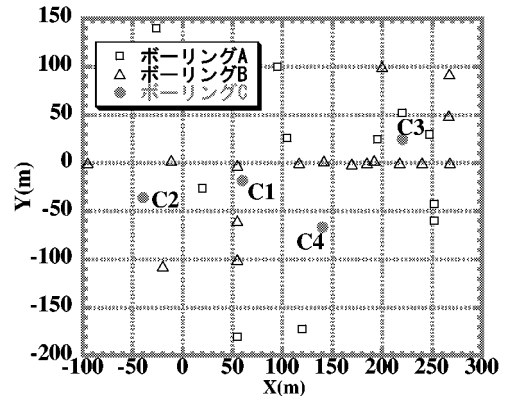


図 4 ボーリング配置図

Top view of boring locations

表 3 ボーリング C 群での分散
Variance about boring C

補助情報	C1	C2	C3	C4
比抵抗	58.2	113	141	258
岩種	61.7	114	141	257
比抵抗-岩種	62.2	103	130	253

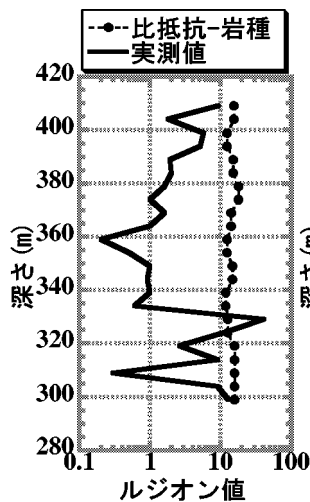


図 5 ボーリング C1
Boring C1

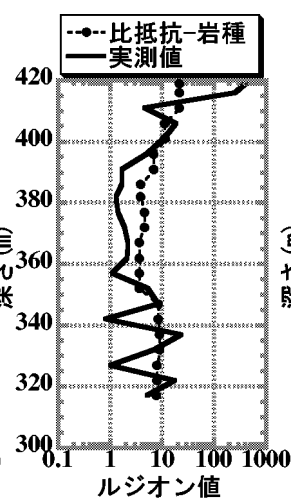


図 6 ボーリング C2
Boring C2

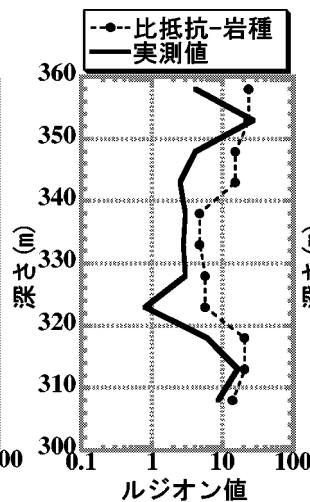


図 7 ボーリング C3
Boring C3

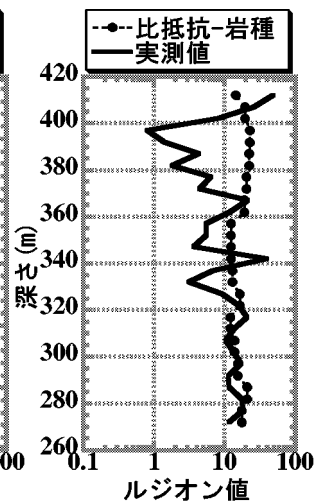


図 8 ボーリング C4
Boring C4

参考文献

1) Clayton V. Deutsch and Andre G. Journel: Geostatistical Software Library and User's Guide, Oxford University Press, 1992