

統計モデルを用いた泥炭性軟弱地盤の含水比分布
ー ランダムサンプリングによる含水比分布の再現 ー

秋田大学 学生会員 ○カイルー スル アキラ ビンティ モハammad ヤジッド
秋田大学 正会員 荻野俊寛, 秋田大学 正会員 田口岳志, (一財)海域環境研究機構 非会員 田中洋行
寒地土木研究所 正会員 林 宏親, 秋田高専 正会員 山添誠隆, 北海道大学 正会員 西村 聡

1. 背景
泥炭は土を構成する腐植の不均一性から物性値のばらつきが大きいことが指摘されてきたが^{1),2)}, 統計的なばらつきを考慮した物性値の議論はこれまであまり行われなかった. 本報告では前報³⁾の結果をふまえ, 構築したモデルからランダムサンプリングによって泥炭性軟弱地盤全体の自然含水比分布を再現し, 観測値と比較する.

2. 対象地盤
対象とした地盤は北海道石狩川流域にある泥炭性軟弱地盤であり, 前報³⁾と同様のデータセット(データ数 675)を使用した. 前報で述べたとおり, 対象地盤は地表面下 1m に地下水位があり, その土質は泥炭, 有機質土, 粘土, シルト, 砂礫から構成される. 対象深度は地表面以下 10m とし, 深度が大きくなるにつれ, 泥炭および有機質土の含水比は低下する傾向を示している. 図-1 に対象地盤の土質構成の内訳を示す.

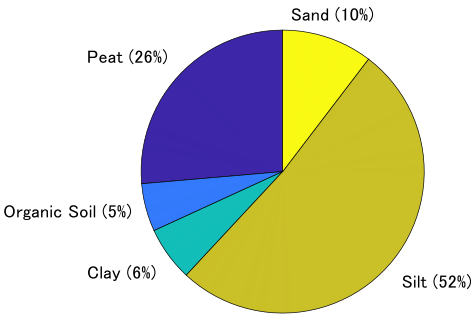


図-1 対象地盤の土質の内訳

3. 含水比分布に用いたモデル
含水比分布を表す統計モデルには前報で構築した一般化線形モデルのうち, 最もあてはまりがよかった切片-深度2次モデルを用いた. 水平方向の相関は考慮せず, 深さ方向だけを考慮したモデルであり, 土質ごとに含水比の平均値 μ は深度の二次関数として式(1)で表される.

$$f(\mu[m]) = \beta_0 + \beta_1 d[m] + \beta_2 d[m]^2 \tag{1}$$

ここに, $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ は係数, m はデータのインデックス($m=1, 2, \dots, 675$)であり, $f(x)=\log x$ である. 各深度における含水比 w のばらつきはガンマ分布に従う(式(2)).

$$g(w; a, b[m]) = \frac{1}{b[m]^a \Gamma(a)} w^{a-1} \exp\left(\frac{-w}{b[m]}\right) \tag{2}$$

データセットから最尤推定された各係数, ガンマ分布の形状

表-1 各係数の最尤推定値

	β_0	β_1	β_2	a
泥炭	5.9	0.040	-0.014	11
有機質粘土	5.5	0.13	-0.020	7.9
粘土	4.7	-0.19	0.020	5.8
シルト	4.5	0.035	-0.008	2.5
砂礫	3.6	-0.017	0.0010	34

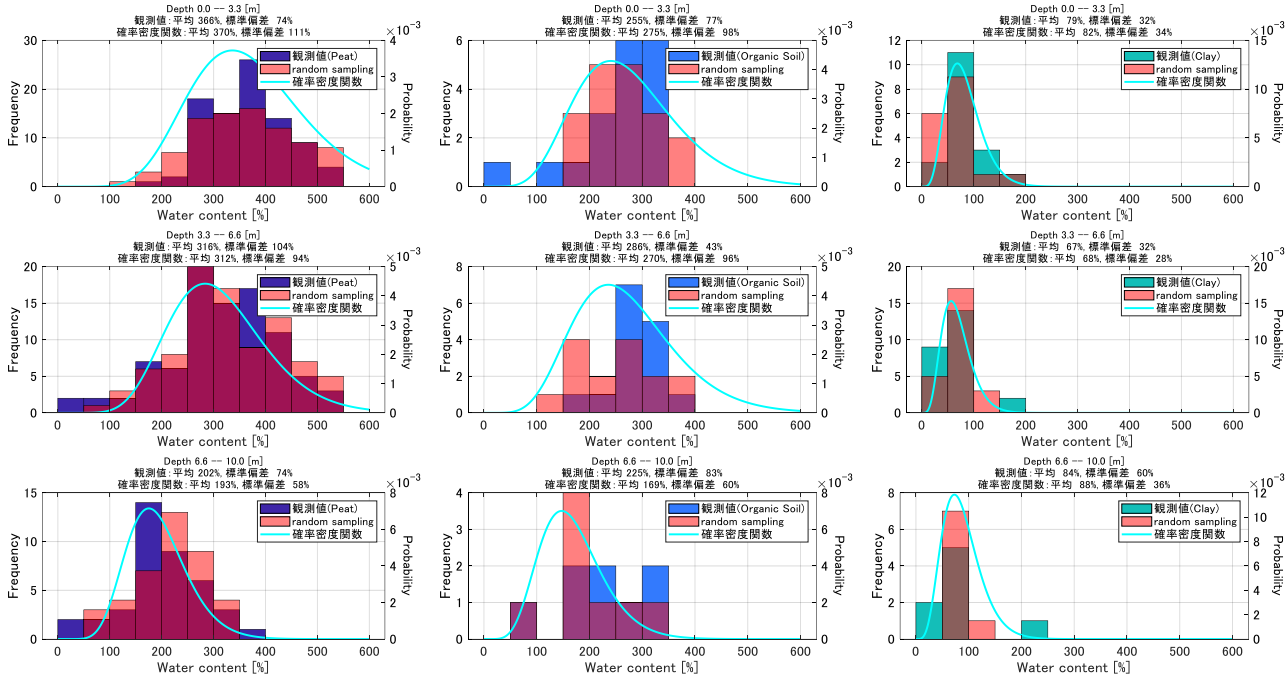


図-2 各層における土質ごとの含水比分布, 確率密度関数とランダムサンプリングの結果(確率密度関数における平均は各層の中央深度から式(1)によって求めた)

キーワード 一般化線形モデル 泥炭 含水比 確率分布
連絡先 〒010-8502 秋田県秋田市手形学園町 1-1 TEL 018-889-2364

パラメータ a の値を表-1 に示す。
また、最尤推定値から得られた確率密度関数(式(2))を図-2 に示す。確率密度関数の形状は観測値のヒストグラムの形状とおおむね一致しており、ガンマ分布によるばらつきの表現はおおむね妥当であると考えられる。

4. モデルからのランダムサンプリングによる含水比分布の再現

得られた各土質の確率密度関数から、ランダムサンプリングを行って含水比分布を再現した。ランダムサンプリングの結果を図-2 に示す。ランダムサンプリングはモデル作成に使用したデータセットの各データの深度と土質情報からそれぞれ確率密度関数を求め、その確率に従う乱数として得られる。そのため確率密度関数は厳密にはデータごとに異なるが、図-2 中に示している確率密度関数と大きく変わらないため、ランダムサンプリングによる分布は図中の確率密度関数とほぼ相似形になる。有機質粘土や粘土ではデータ数が少ないためやや差が見られるものの、ランダムサンプリングの結果はおおむねデータセットの観測値をよく表している。特に、深度が大きくなるにつれ含水比が大きく減少する泥炭の含水比分布はランダムサンプリングによってよく捉えられている。

図-2 に示した各土質のヒストグラムを結合した全土質の積上げヒストグラムを図-3、図-4 に示す。全体としてランダムサンプリングによる再現は観測値の含水比分布をよく表しており、シルトおよび泥炭の含水比の違いによってヒストグラムに現れる二つのピークもおおむね再現できている。

5. 結論

泥炭性軟弱地盤の含水比のばらつきを定量的に評価することを目指して、統計モデルによって含水比分布をモデル化した。本報告で得られた知見は以下のとおりである。

- 含水比の平均値を深度の2次式として表し、含水比分布をガンマ分布で表現した一般化線形モデルにおいて、土質ごとに構築した各モデルからランダムサンプリングを行って地盤全体の含水比分布を再現した。その結果、ランダムサンプリングの含水比分布は観測された含水比分布をよく再現しており、構築したモデルの妥当性が確かめられた。

謝辞：本研究で用いた含水比データは北海道開発局札幌開発建設部岩見沢河川事務所から提供いただいた。ここに記して謝意を表す。

【参考文献】1) 佐々木・能登：泥炭の工学的性質の均一性に関する一考察，土木学会第28回年次学術講演会，pp. 284-285, 1973。

2) 佐々木・能登：泥炭の工学的性質の均一性に関する一考察 第2報，土木学会第30回年次学術講演会，pp. 427-428, 1975。 3) 荻野ら：統計モデルを用いた泥炭性軟弱地盤の含水比分布 — 含水比分布モデルの構築 —，土木学会第76回年次学術講演会，2021。

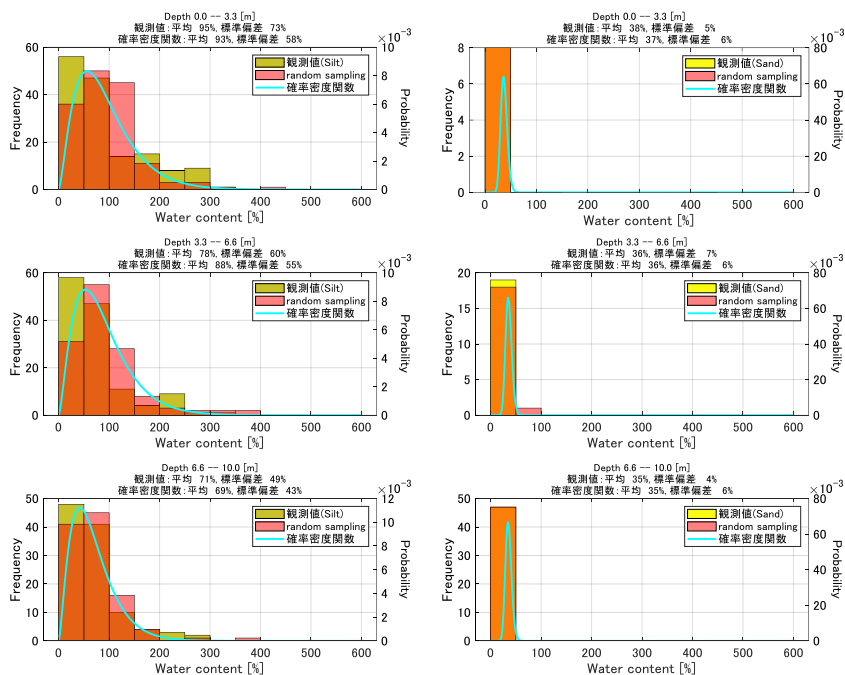


図-2 (つづき) 各層における土質ごとの含水比分布，確率密度関数とランダムサンプリングの結果

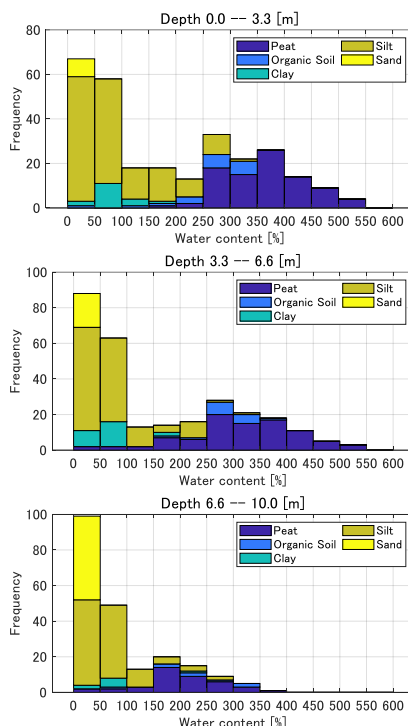


図-3 観測値から得られる各層の含水比分布

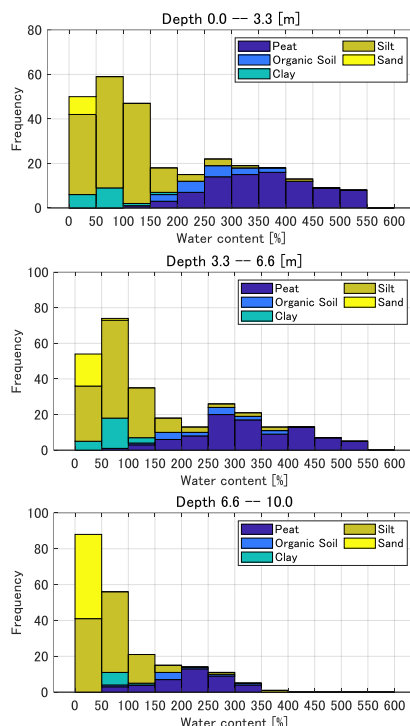


図-4 ランダムサンプリングによって再現された各層の含水比分布