

粒度分布に基づく PTF を用いた土の水分保持曲線の地球統計学的補間 Geostatistical interpolation of soil water retention curve using PTFs based on particle size distribution

○斎藤広隆・志賀 渉・向後雄二

H. Saito, W. Shiga, Y. Kohgo

1. はじめに

効率的に水を管理することは、作物生産の向上や、肥料や農薬といった農業化学資材による汚染を最小限に抑えるために重要である。揚水井戸、洪水対策、節水計画、その他多くの水利用において、不飽和土中水分移動の理解は不可欠である。

不飽和土中の水分移動について知るには、土の透水係数や水分保持曲線などの水理特性の空間分布を求める必要がある。しかし、水理特性の測定には多大な労力、時間、費用を消費する。したがって、粒度分布など比較的測定しやすい土壌特性から間接的に水理特性を求めるペドトランスファー関数(Pedotransfer function または PTF)が開発されてきた[1]。また、水理特性の空間的なばらつきをするために網羅的にサンプリングすることは現実的には不可能であり、限りあるデータから求められた水理特性情報は一般に不完全である。限りあるデータから、任意の場所での水理特性を推定するにはクリギングのような地球統計学的空間補間法が用いられる[2]。

PTF と空間的補間を用いて水分量を直接推定するには、粒度分布のような土壌特性から PTF を用いて推定した水分保持特性をクリギングで補間する方法(PI 法)と、土壌特性をクリギングで補間した後 PTF を用いて水分保持特性を推定する方法(IP 法)がある(図 1)。そこで本研究では、土壌水分保持曲線を推定するための方法として PI 法と IP 法を比較することを目的とした。

2. 方法

2.1 データベース

本研究では、ラスクルーセストレンチサイトデータベース[3]を用いた。ラスクルーセストレンチサイトでは長さ約 26 m、深さ約 6 m の断面から、450 点(各列 50 点ずつ計 9 列)の土試料を採取し、乾燥密度、粒度分布、水分保持曲線などを求めたデータベースを公開している。

2.2 ペドトランスファー関数

PTF の1つとして、粒度分布と水分保持曲線の形状の相似性を利用し、粒度分布から水分保持曲線を推定する AP モデルがある[4]。AP モデルでは吸引圧と間隙径の関係を毛管現象の式で表せると仮定して、間隙径は式(1)のように表せる。

$$r_i = 0.816R_i \sqrt{e \times n_i^{1-\alpha}} \quad (1)$$

* 東京農工大学大学院 農学府 Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology,

キーワード：水分保持曲線・ペドトランスファー関数・クリギング

ここで r_i は間隙径[L], R_i は粒径[L], e は間隙比[L³/L³], n_i は粒子数, α はパラメータを指す. 本研究では, ① $\alpha = 1.38$ ② 各地点での最適な α ③ $\alpha = f(\theta)$ を比較した.

次にデータの類似度が高いもの同士でデータを分類する手法である k-NN 法を応用した PTF を用いた[5]. 類似度は式(2)のようにユークリッド距離で表される. 基準となるデータセットを用いて, その中から推定対象の土壌と類似度の高い土壌の水分保持曲線をいくつか選び, 重み付き平均値として推定する.

$$d_i = \sqrt{\sum_{j=1}^N \Delta a_{ij}^2} \quad (2)$$

ここで d_i は推定対象の土壌と基準のデータセットの土壌との距離, Δa_{ij} は推定対象の土壌と基準のデータセットの土壌の土壌特性の差分, N は推定に用いた土壌特性の種類の数を示す. 本研究では, ④ $N = 8$ ⑤ $N = 4$ を用いた.

2.3 PI 法 vs IP 法

全地点のデータをトレーニングデータ(198点)と, テストデータ(249点)のふたつのグループに分割した. トレーニングデータを用いてテストデータの位置において測定吸引圧に対する体積含水率を PI 法と IP 法で推定し, その誤差評価を平均二乗誤差平方根(RMSE)と平均絶対誤差(MAE)を用いて行った.

3. 結果

各 PTF の PI 法と IP 法の平均二乗誤差を図 2 に, 平均絶対誤差を図 3 に示す. ①②③⑤では PI 法と IP 法とで推定精度に大きな違いはなく, 何を補間するかの違いは見られなかった.

一方で④では PI 法の方が IP 法よりも推定精度が高いことがわかった. クリギングによる計算の手間を考慮すると, 最も計算量が少なく, なおかつ精度が高い k-NN 法 ($N = 4$)の IP 法が最も効果的であった.

引用文献: [1]Tomasella, J., et al., 2003, Soil Sci. Soc. Am. J., 67, 1085-1092. [2]Saito, H., et al., 2009, Hydrol. Earth Syst. Sci., 13, 453-465. [3]Wierenga, P. J., et al., 1991, Water Resour. Res., 27, 2695-2705. [4]Arya, L. M., et al., 1982, Soil Sci. Soc. Am. J., 45, 1023-1030. [5] Nemes, A., et al, 2006, Soil Sci. Soc. Am. J., 70, 327-336.

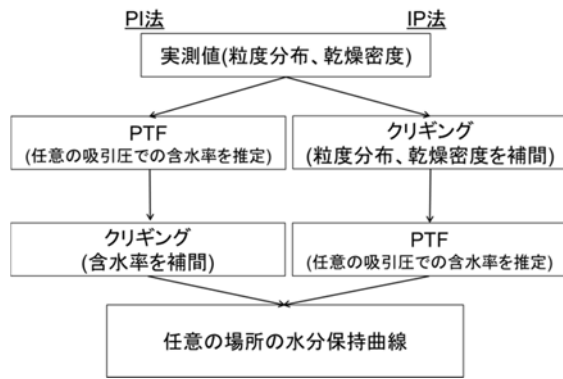


図 1 水分保持曲線推定のフローチャート

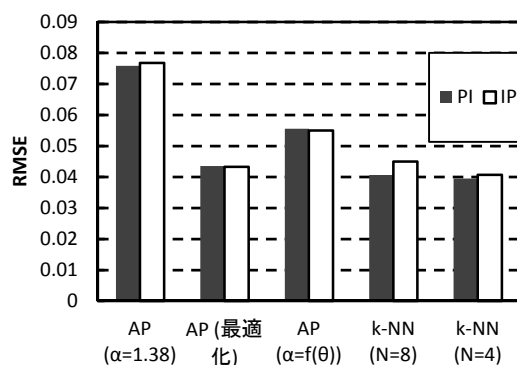


図 2 各 PTF での PI 法, IP 法の RMSE

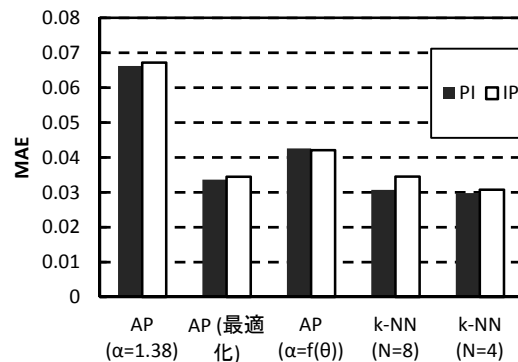


図 2 各 PTF での PI 法, IP 法の MAE