

水分保持曲線の空間分布が不飽和水分移動に与える影響

Impact of Spatial Distribution of Water Retention Curves on Variably-Saturated Water Flow

○斎藤 広隆¹⁾・関 勝寿²⁾・シムネック ユッカ³⁾

Hiroataka SAITO, Katsutoshi SEKI, and Jirka SIMUNEK

1. はじめに 土中の不飽和水分移動は、土の水理特性(透水係数や水分保持曲線など)の空間的なばらつきに大きく影響されることは知られている。したがって、不飽和帯中の正確な水分分布の予測のためには、土の水理特性の空間分布をより正確に求める必要がある。しかし様々な現実的な制限により、網羅的なサンプリングは不可能であり、私たちは限りあるデータから求められた不完全な水理特性情報しか持ち合わせていない。そこで、通常任意の場所での水理特性の値は、限りあるデータからクリッキングなどの地球統計学的補間法によって推定される。しかし土の水理特性の中で、水分保持曲線は土中水圧力の関数として与えられるため、あるひとつの物理量ではなく、その曲線をより正確に表す関数とパラメータ値を推定する必要がある。その場合、パラメータを直接クリッキングで推定するパラメトリック法(以降 P 法)と、水分特性曲線自体をクリッキングで推定し、その後パラメータを推定するノンパラメトリック法(NP 法)がある(Fig. 1)。本研究は、パラメトリック法とノンパラメトリック法の違いが水分移動計算に与える影響を比較した。

2. 水分保持曲線 本研究では、ラスクルーセスト(LC)レンチサイトデータベース(Wierenga et al., 1989)の水分保持曲線データを用いた。ラスクルーセストレンチサイトでは約 26 m×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(Fig. 2)、飽和透水係数や水分保持曲線を求めデータベースとして公開している。水分保持曲線については、11 圧力水頭(0, -10, -20, -40, -80, -120, -200, -300, -1000, -5000, and -15000 cm H₂O)に対する体積含水率を求めたものが公開されている。本研究では、比較的良好に使われる van Genuchten(VG), Brooks & Corey(BC), Kosugi(LN)の3つのモデルについて考慮した。なお、各水分保持曲線に最適なモデルパラメータは Seki(2007)の自動フィッティングプログラムを使って推定した。また LC サイトでは、現場浸透実験を行っており、体積含水率の各深さでの時間変化やトレーサの濃度変化などのデータも同時に公開されている。

3. パラメトリック vs. ノンパラメトリック まず、それぞれの方法を用いた場合の、任意の場所での水分保持曲線の再現性を調べるために、相互検証を行った。データを一つ取り除き、その地点の水分保持曲線をそれぞれの方法を使って推定し、推定誤差(平均絶対誤差と平均二乗誤差)を求めた(Fig. 3)。いずれのモデルでも NP 法の方が P 法よりも推定誤差は小さくなった。なお値の推定には通常クリッキング(Ordinary Kriging または OK)を用いた。

4. 水分・溶質移動計算 次に水分保持曲線モデルパラメータの推定方法が水分移動計算に与える影響を調べるために、P 法、NP 法を使って水分保持曲線モデルパラメータ場を作成し(Fig. 4)、HYDRUS-2D を使って水分移動計算を行った。計算は、現場での浸透実験と同様の境界条件を設定し行い、水分とともにトレーサの移動も対象とした。また、Fig. 4よりP法の場合モデルパラメータは平滑化され、NP法と比べて微小な空間変動を過小評価してしまうことが分かる。このことは、水分分布の計算結果で、P法が実測よりも

1)東京農工大学(TUAT), 2)東洋大学(Toyo-U), 3)カリフォルニア大学リバーサイド校(UCR)

キーワード：地球統計学, HYDRUS-2D, 平滑化

浸潤が早いことから明らかである。計算により求められた、領域下端での流出濃度曲線(Fig. 5)を比べると、P法の方がピーク濃度が低く、ピーク到達時間が短く、テーリングが少なくなっていることが分かる。これは、パラメータの平滑化の影響であり、溶質の任意の地点への到達時間の過小評価などにつながる。

5. まとめ 土の水理特性、特に水分保持曲線の空間分布を考慮した水分移動計算を行う場合、水分保持曲線のモデルパラメータに依存して地球統計学的方法でパラメータ場を求めると、モデルパラメータの空間変動を過小評価し、結果として溶質移動に対する水理特性の空間分布の影響を過小評価することが分かった。

参考文献

Wierenga, et al., Water Resour. Res., 27: 2695-2705, 1991
 Seki, Hydro. Earth Sys. Sci. Discussions, 4(1): 407-437, 2007

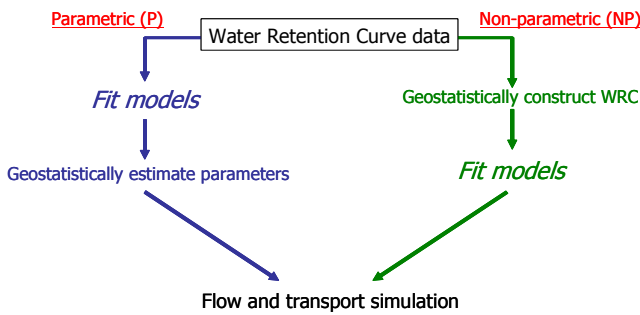


Fig 1. Flow chart of parametric (P) and non-parametric (NP) approaches

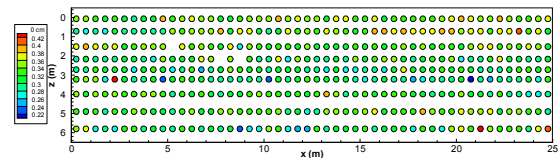


Fig 2. Saturated water contents at Las Cruces trench wall.

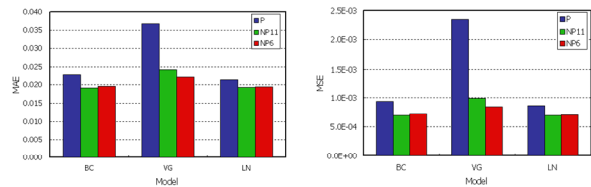


Fig 3. Mean absolute errors and mean square errors calculated for each model for different approaches.

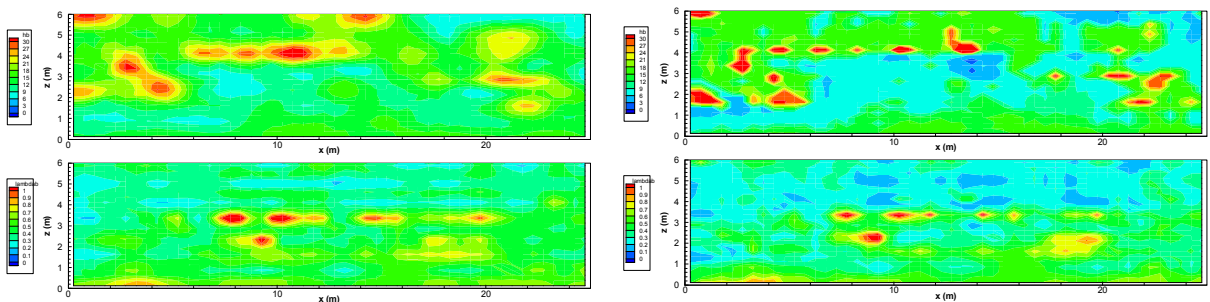


Fig 4. Kriged BC model parameter fields for P approach (left column) and NP approach (right column).

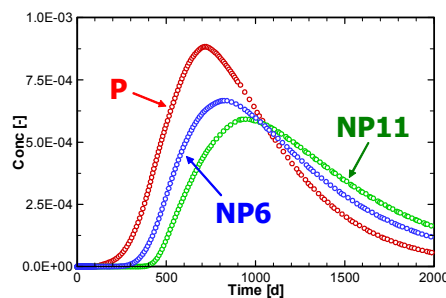


Fig 5. Breakthrough curves at the bottom of the flow domain.