

# 森林斜面における土壌保水性の空間分布評価のためのサンプリング戦略

京都大学農学研究科 ○林 祐妃・小杉 賢一朗・水山 高久

## 1. はじめに

森林斜面における表層崩壊や山地流域からの洪水流量の予測は、土壌中の雨水浸透過程の数値シミュレーションを元に行われる。この数値シミュレーションでは、土壌の保水性を表す土壌水分特性曲線（WRC）の空間分布の情報が必要となる。しかし WRC の測定には、多大な時間と労力、費用がかかるため、その空間分布の把握を行うことは現実的ではない。

WRC の空間分布の表現を簡略化する手法として、スケーリング手法がある。この方法では、まず WRC を表現する複数のパラメータを、ばらつきの大きいものは空間分布パラメータ、ばらつきの小さいものは空間不変パラメータと分類し、次にばらつきの小さい空間不変パラメータは空間分布を排除し、全ての位置において共通の値とすることで簡略化を行う。Hayashi et al. (2009) は、森林斜面では空間分布パラメータとして有効孔隙率が適していることを示した。さらに効果的にスケーリング手法を適応するため、測定が大変な WRC のデータを用いずに有効孔隙率を特定する方法を提案した。

一方、空間不変パラメータの特定には、WRC の情報が必要となる。しかし、空間不変パラメータは全ての土壌に共通の値を用いるため、代表的な WRC から特定できる可能性が有る。また、森林土壌において、WRC を特徴付けている土壌構造は斜面方向には地形、鉛直方向には植生や風化の影響を受けて発達するため、空間的にパターンを持ってばらついている。従って、土壌構造の空間的なパターンを考慮することで、空間不変パラメータを特定するための代表的な WRC を効率的に選択することが可能であると考えられる。そこで本研究では、空間分布を考慮することで、空間不変パラメータを特定するための効率的な WRC の選択方法について検討を行う。

## 2. 方法

### 2.1 土壌採取

滋賀県南部の天然林斜面において、不攪乱サンプルを採取し WRC を測定した。図-1 に示した様に、斜面全体の WRC の空間分布を明らかにするために、斜面方向には下部から上部にかけて、深度方向には表層から基岩の上まで土壌採取位置を設定した。各位置からは 3 サンプルずつ採取し、その平均値を用いて合計 77 の WRC のデータを解析した。

### 2.2 数値実験

斜面全体から集めた WRC のデータを元に抽出を行い、抽出した WRC から導いた空間不変パラメータの精度を評価した。この試行はモンテカルロ法により 10 万回繰り返し、結果は統計的に処理した。

どのような WRC の空間パターンを評価するのが良いか検討するために、抽出方法として 3 通りの方法を考え比較を行った。それぞれの方法では、斜面土層面を抽出する WRC の数に従って区分けし各区画からランダムに 1 個ずつ WRC を抽出した。例として、図-2 に 8 個の WRC を抽出する場合を示す。

区画の分割は斜面方向と鉛直方向のばらつきの考慮の程度が変わるように、次の様に行った。以下の説明は 8 個の WRC を抽出する方法について行う。方法 1 では、斜面を上部と下部に二分した上で、鉛直方向に区切りを加え、両斜面部位それぞれに、4 つの区画を設けた。一方、方法 2 では、土層を表層と下層に分けた上で、斜面方向に区切りを加え、両土層それぞれに 4 つの区画を設けた。方法 3 では、斜面方向に 8 つの層を設けた。

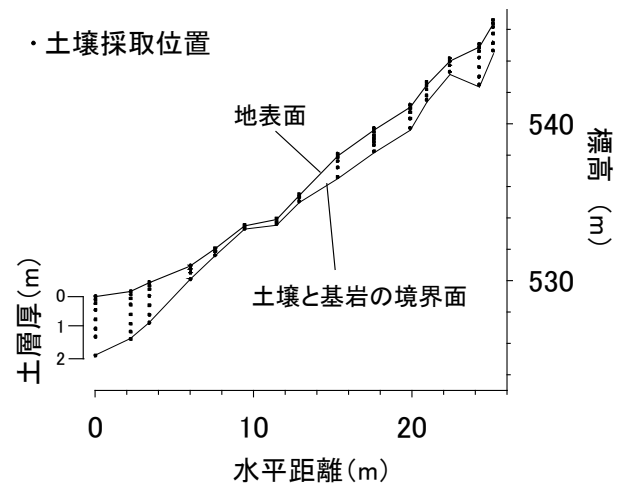


図-1. 土壌採取位置

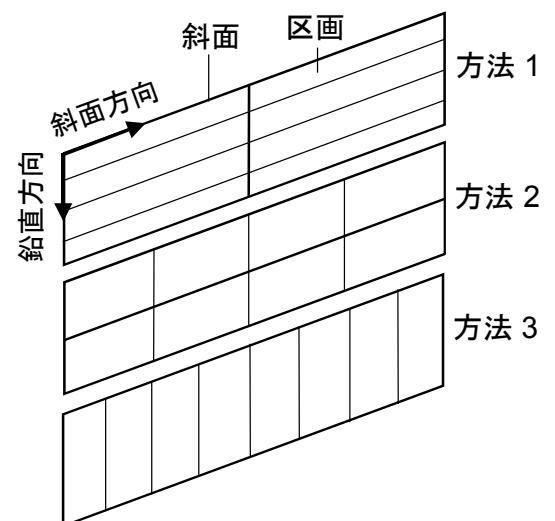


図-2. WRC 抽出のための区画抽出数 8 個の場合

従って、サンプル数が同じである場合は、方法1, 2, 3の順に鉛直方向のばらつきを大きく、斜面方向のばらつきは逆に小さく考慮していることになる。

また、WRCを完全にランダムに抽出する数値実験も実施し、空間分布を考慮したWRCの抽出方法と比較した。精度は、WRCの実測値とスケーリングによる計算値との残差平方和を算出し評価した。

### 3. 結果と考察

図-3に、方法1～3を用いて8個WRCを抽出した時のスケーリングの精度を示す。3つの方法は、同じ数の8個のWRCを完全にランダムに抽出する場合より、残差が小さく精度が高いことが分かった。また、3つの方法の内、方法3が最も精度が高く、方法1が最も精度が低かった。すなわち斜面方向のばらつきを大きく考慮する方法ほど精度が高かった。さらに最も精度の高い方法3は、ランダムに10個のWRCを選択する場合とほぼ同程度の精度を示した。以上から、空間分布を考慮することにより精度が高くなり、最も高い精度を示す方法3を適応すると、必要となる精度を得るためのWRCの数を2個減らすことができることが分かった。

方法1～3を、抽出するWRCの数を1～30に設定して実施し、WRCの数に対する精度を図-4にまとめた。結果を見ると、8個のWRCを抽出する時と同様に、同じ数のWRCを抽出する場合、方法3, 2, 1の順に精度が高いことが分かる。

方法同士の精度の差は、必要とされる精度が高くなるほど広がった。例えば、最も精度の高い方法3が15個のWRCを抽出することで得られる精度はかなり高いものであるが、この精度を得るためには方法2では18個、完全にランダムな方法では22個ものWRCが必要となる。一方、方法3により9個のWRCを抽出することより得られる精度はそれほど高いものではなく、この精度を得るためには方法2では10個、方法1と完全にランダムな方法では12個と、方法3とそれほど変わらない数で得ることができる。

以上のことから、空間分布を考慮して空間不変パラメータの特定に用いるWRCのサンプリング箇所を決めることにより、少ない数のWRCで効率的に、高い精度を得ることが分かった。さらに、空間分布の評価方法としては、斜面方向のばらつきを大きく考慮する方法ほど効率的であることが分かった。

### 引用文献

Hayashi, Y., K. Kosugi, and T. Mizuyama. 2009. Soil Water Retention Curves Characterization of a Natural Forested Hillslope using a Scaling Technique Based on a Lognormal Pore-Size Distribution. Soil Science Society of America Journal 73:55-64.

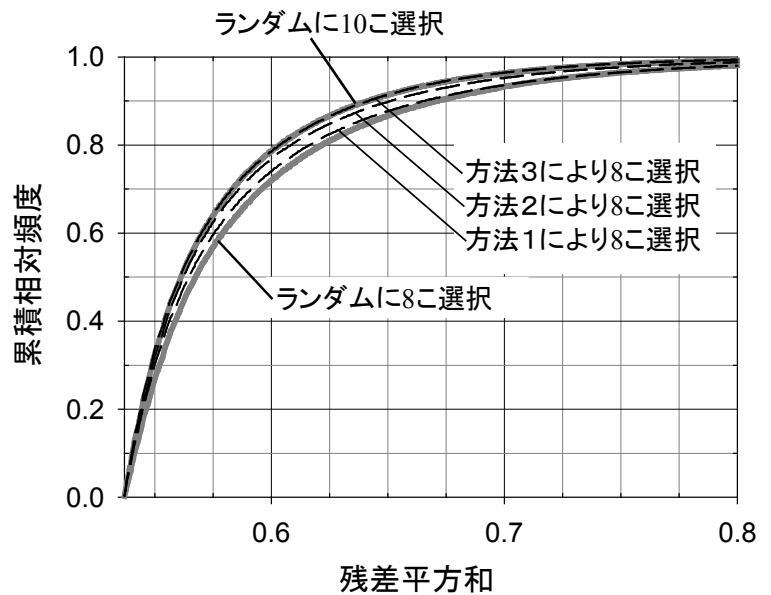


図-3. WRCの抽出方法によるスケーリングの精度の違い  
抽出数8個の場合

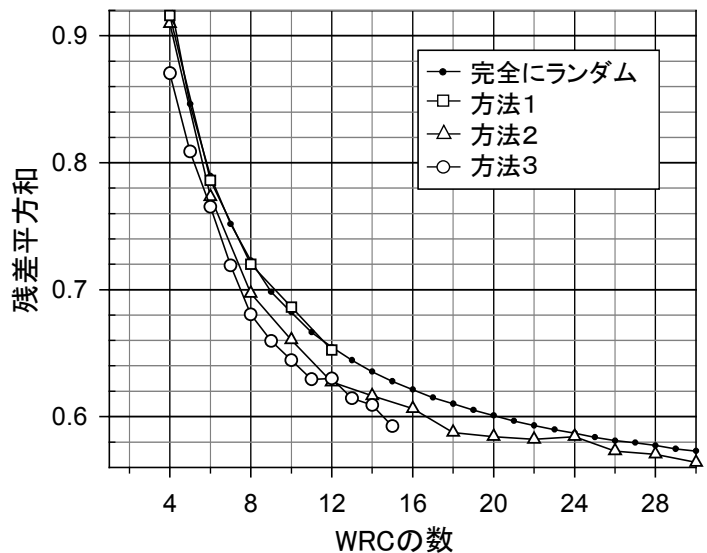


図-4. 抽出するWRCの数とスケーリングの精度の関係  
縦軸の残差平方和は、95%の確率で得られる値を表示