土中の 3 次元水分移動シミュレーションの検討

503110　牛田好彦 （土壌圏循環学教育研究分野）

はじめに　コンピュータの高速化とソフトの汎用化により、3 次元の土中水分移動シミュレーションが手軽に行えるようになり、より現場レベルの計算が可能となった。しかし、計算する有限要素メッシュの節点数が増加し膨大な計算時間がかかるという問題がある。計算の精度を落とさず、効率よく計算するためには、適切なメッシュ間隔の決定が重要である。本研究では、土への浸潤過程を異なるメッシュ間隔で計算し、計算時間や計算精度への影響を明らかにした。また、応用例として暗渠からの排水過程をシミュレーションした。

方法　縦 10m、横 10m、深さ 5m の初期圧力が-5000cm で一定な砂質ローム土層に対し、上面中央の半径 50cm の領域に 10cm/day の一定降雨を 50 日間与えた。それ以外の上面には大気境界条件（降雨ゼロ・蒸発ゼロ）を与えた。下面は自由排水とし、側面は全てゼロフラックスとした。また、降雨領域の中心の深さ 0、1、2、3、4、5m に観測点を設定した。メッシュ間隔 100（節点数 1902）、50（8272）、33.3（19952）、25（40782）、20（62816）、12.5（187083）、10cm（302328）の場合について計算を行い、計算時間（Pentium4 3GHz、1GB RAM）、観測点における体積含水率と圧力の変化を比較した。計算は HYDRUS2D/3D を用いて行った。

結果と考察　図 1 に土への浸潤過程の水分分布を示す。メッシュ間隔が小さいほど、水分・圧力分布が滑らかな曲線で描かれる。メッシュ間隔にかかわらず、水収支（流入量と土中水分変化量の収支）は正確であったが、浸潤前線の進行に違いが見られた。最も小さいメッシュ間隔 10cm で計算した体積含水率 θ_{10} を真の値として、任意のメッシュ間隔の体積含水率 θ_i との差 $|\theta_i-\theta_{10}|$ を誤差とした。任意の深さへの浸潤前線の到達時とその後の水分量増加の過程で大きな誤差が見られた。図 2 は深さ 4m の観測点において、誤差が大きくなった 27 日目と 33 日目のメッシュ間隔と誤差の関係を示す。メッシュ間隔が大きいほど誤差が大きくなる傾向が見られたが、間隔 30cm 程度までは比較的小さかった。同図に異なるメッシュ間隔の計算時間を示す。間隔が 25cm 以下の計算時間が急激に大きくなった。今回のスケールで精度を落とさず短時間で計算を行うには、25-30cm のメッシュ間隔が適している事がわかった。効率のよい計算を行うには、このような方法で最適なメッシュ間隔を定める事が重要である。

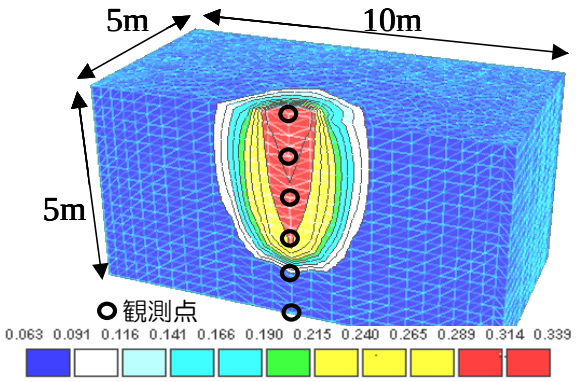

図1　土層断面から見た体積含水率の分布
（メッシュ間隔25cm、27日目）

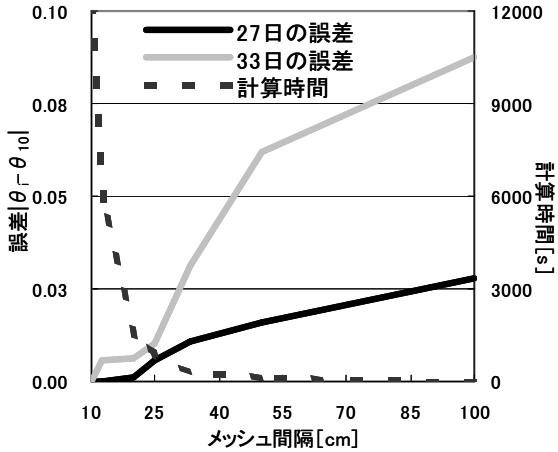

図2　メッシュ間隔ごとの誤差と計算時間