

京都大学大学院 学生員 ○前田敏彦
 京都大学大学院 学生員 田中賢治
 京都大学防災研究所 正員 池淵周一

1 はじめに GCMs (General Circulation Models) などの数値予報モデルは気象状況を予測するための強力な手段となっている。従来の陸面水文モデルは大気モデルと同じ空間スケールで表現されているが、鉛直1次元的な取扱いがなされており、グリッド内部の起伏の影響を考慮できない。そこで本研究では、地形の起伏と土壤水分分布や流出量との関係を大スケールの水文モデルに反映させることを目的として、2次元断面地中モデルを構築し、数値シミュレーションにより検討を行う。

2 モデルの概要 モデルは地表面から岩盤までの間を対象とし、土壤は4層に分けられる。上部3層では飽和・不飽和地中流を扱い、その下部層は地下水流が卓越している。各グリッドに与えるパラメータは、地表面標高 (z_g)、土壤3層厚さ (D_1, D_2, D_3)、不圧地下水帯厚さ (D_4)、飽和透水係数 (K_s)、空隙率 (θ_s) である。状態変数として、上部3層の土壤水分量 (飽和度) 3つ W_i ($i=1,2,3$) と地下水面高度 H を設定し、これらを予報する際に、流出・蒸発散等の水文フラックスが診断的に求められる。予報方程式は、Richardsの理論をベースにしている。ただし、地中水のフラックスは斜面方向と鉛直方向に分解される。以下に離散化した予報方程式を示す。

$$\begin{aligned}\frac{\Delta W_1}{\Delta t} &= \frac{1}{\theta_s D_1} (P_1 - Q_{12} - E_{d1} - E_s) + \frac{1}{\theta_s \Delta x} (Q_{1r} - Q_{1l}) \\ \frac{\Delta W_2}{\Delta t} &= \frac{1}{\theta_s D_2} (Q_{12} - Q_{23} - E_{d2}) + \frac{1}{\theta_s \Delta x} (Q_{2r} - Q_{2l}) \\ \frac{\Delta W_3}{\Delta t} &= \frac{1}{\theta_s D_3} (Q_{23} - Q_3) + \frac{1}{\theta_s \Delta x} (Q_{3r} - Q_{3l}) \\ \frac{\Delta H}{\Delta t} &= \frac{1}{\theta_s} (Q_3) + \frac{H - z_b}{\theta_s \Delta x} (Q_{br} - Q_{bl})\end{aligned}$$

ただし、 P_1 : 第1層への浸透強度、 E_{di} : 第*i*層からの植物の根による水の吸い上げ、 Q_{ij} : *i, j*間の鉛直水分フラックス、 Q_{ir}, Q_{il} : 斜面方向の水分フラックス、 Δx : 水平グリッド間隔、 Δt : 時間ステップ、 z_b : 第4層最下端 (岩盤) の標高

予報方程式は陽解法で解かれるが、フラックスはポテンシャルによって支配されているため、ポテンシャルに関する収束計算を行う。降雨と蒸発散を与えずに長期シミュレーションを行い、地形により規定される状態と考えられる状態変数の値を初期条件とする。地中モデルにとって、降雨による入力と蒸発散による出力が境界条件となる。表層が飽和の場合、または降雨強度が飽和透水係数を上回る場合には、降雨の一部は流出する (流出した水の追跡は行わない)。また、領域境界端、岩盤における水フラックスはゼロとする。

基本となるモデルの設定を以下にまとめる。

$\Delta t = 1$ hour, RUN 日数: 60 days, $\Delta x = 100$ m

地形形状: 尾根部と谷部を含む斜面 (三角関数を適用)、降雨データ: 1時間単位 (AMeDAS)

グリッド数: 21 (水平スケール 2 km)

尾根部と谷部の標高差: 200 m

地下水面 $H = -3.0$ m. 飽和度 $W = 0.7$ をもとに初期条件を作成

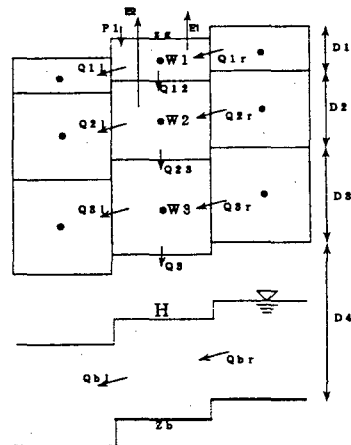


図1: モデルの基本構造

3 計算結果および考察 本研究では、目的に応じて条件を変え、様々なシミュレーションを行った。

図2は基本設定による結果であり、斜面中腹における時間推移を表す。第1層は降雨に敏感に反応し、日周変動を示す。第2層以下では深くなるほど降雨に対する応答が遅れている。

初期条件を変えた場合の影響： 土壌水分の時間的な変動に違いは見られないが、地下水面はその変化がゆるやかであるため、初期値に強く依存する。

時間的離散化による影響： 少雨時と大雨（台風）時の降雨データ（1分単位）を6分平均、1時間平均に加工したデータを用いて短期間（1日程度）の計算を行った。図3は大雨時の積算降雨・流出、降雨・流出を表しており、いずれも時間的離散化による誤差は小さく、 Δt を1時間程度まで大きくしても降雨流出過程を十分評価できる。

空間的離散化による影響： 図4は、同一の斜面場で Δx を変えた場合の結果であり、斜面の尾根、中腹、谷部をおされば（尾根から谷部までを2分割以上）、地中水の移動を表現するのに十分であると考えられる。

起伏形状が土壌水分分布に与える影響： 地中モデルをSiBUC⁽¹⁾と結合させ、起伏が土壌水分分布、熱・水フラックスに与える影響を調べた（SiBUCと結合することにより、蒸発散フラックスがより現実的に表現される）。起伏条件が激しい場合において土壌水分に分布がみられたが、熱フラックス（顕熱・潜熱・純放射フラックス）に分布は現れなかった（図5）。この程度の土壌水分の分布では熱フラックスに分布は生じないといえる。

4 おわりに 本研究では、断面2次元地中モデルを構築し、限定された条件であるが、地形形状が土壌水分、水・熱フラックスに与える影響を調べることができた。今後は、実流域への適用に向けたモデルの拡充（3次元化）、斜面効果の導入を行い、より詳細な検討を行っていきたい。

[参考文献]

1) 田中賢治：都市域、水体をも考慮した蒸発散モデルの構築とその琵琶湖流域への適用、京都大学防災研究所年報第37号B-2, pp.299-313, 1994.

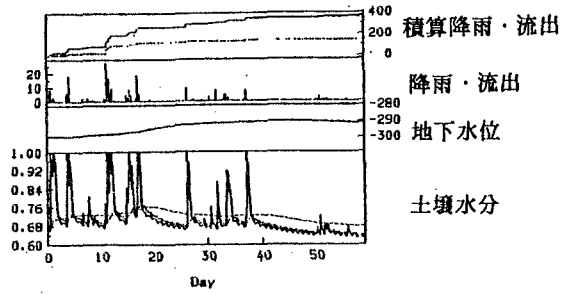


図2：基本設定・時間推移

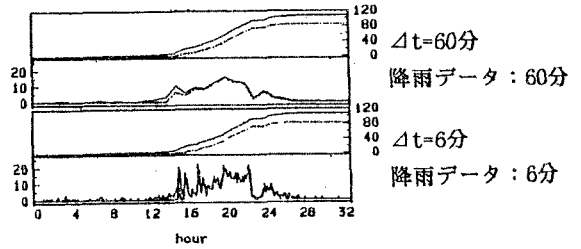


図3：時間的離散化による影響

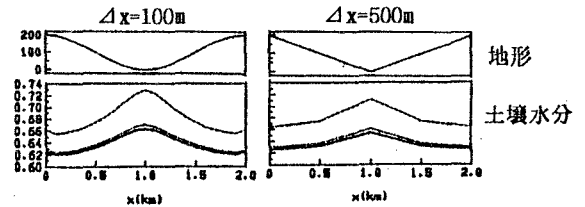


図4：空間的離散化による影響

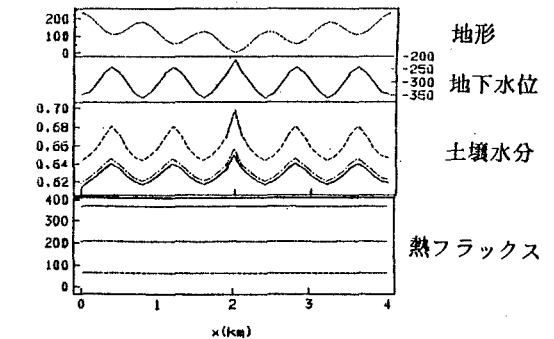


図5：起伏が激しい場合の水・熱フラックス分布