

京都大学工学部 学生員 ○ 総谷剛志
 京都大学工学部 正員 田中賢治
 京都大学工学部 正員 椎葉充晴

1 はじめに 現在の GCM (大気大循環モデル) に組み込まれている陸面過程モデルでは、土壤が鉛直一次元で表現されているため、土壤水分の水平移動を扱えず、地形による土壤水分への効果はモデルに反映されていない。グリッド領域内に起伏が存在する場合、重力の作用で土壤水分場に分布が生じる。その結果、水分ストレスの分布として影響するだけでなく、土壤の熱容量の分布としても作用するため、地表面温度、フラックスがどのような分布になるかは非常に複雑である。

フラックスに分布が生じてもグリッド内での積分値が変化しなければ、陸面過程に起伏による効果を取り込む必要はないが、今まで十分に検討されていない。

そこで、本研究では地中流を支配する方程式として Richards 式、数値解法として修正ピカル法を用いた 2 次元地中微細モデル^[1]と、SiB(Simple Biosphere model)^[2]を結合し、水平、鉛直スケール、植生条件、土壤パラメータなどをかえて数値シミュレーションを行なう。

なお、気象データとしては、現在淮河流域で進められている GAME-HUBEX の長期フラックス観測ステーションである GAME-PAM のデータ (1998/8/12~8/25) を用いた。

2 2 次元地中微細モデルと SiB の結合 地中モデルの境界条件 (外力項) となる土壤面からの蒸発強度 (E_s)、土壤面への浸透強度 (P_1)、蒸散に伴う植物の根からの吸水強度 (E_{tr}) をより現実的に算定するために、2 次元地中微細モデルと陸面水文過程モデル SiB を結合する。

気象外力 (日射、降雨、風速、気温、水蒸気圧)

↓

SiB (土壤面の蒸発 (E_s)、浸透 (P_1)、蒸散 (E_d)=根層からの吸水 (E_{tr}))

↓ ↑

地中モデル (土壤水分量 (W_1, W_2, W_3)、葉水分ポテンシャル (Ψ_l))

SiB と 2 次元地中微細モデルの変数の受け渡しを上に表示。ただし、 W_1, W_2, W_3 はそれぞれ SiB における表層、

根層、再補給層の土壤水分であり、各層厚は植生タイプ毎に与えられる。本モデルでは、各層に対応する深さの分だけの土壤水分の平均値である。

SiB では、日射、降雨、風速、気温、水蒸気圧を境界条件とし、潜熱、顕熱、運動量フラックスが計算される。

3 計算条件 2 次元地中微細モデルにとっては降雨の浸透による入力と蒸発散による出力が境界条件になり、領域側方には周期境界条件を、領域下端にはゼロフラックス条件を適用する。同じ地形で同じ土壤パラメータを与え、外力なし条件下で 50 日間計算した土壤水分場を、初期条件として与えることにする。

3.1 水平、鉛直スケール効果のための設定条件 三角関数によって表現された地形 (図 1 参照) の波長 (2km~50km) を変化させ、振幅 (100m)、標高差 (200m) は不変とし、起伏の水平スケール効果を調べる。振幅 (10m~500m)、標高差 (20m~1000m) を変化させ、波長 (2km) は不変とし、起伏の鉛直スケール効果を調べる。なお全てのグリッドに対して土壤パラメータはロームを、植生パラメータは森林地を想定し、計算期間は 10 日とする。

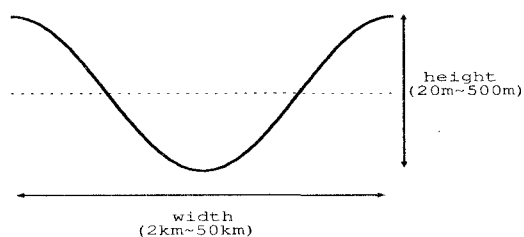


図 1 計算に使用した地形

3.2 複雑地形のための設定条件 2 つの三角関数を組み合わせ、どちらの波形による影響が大きいかを調べるために、振幅 (1000m)、標高差 (2000m)、波長 (50km) の尾根部一谷部一尾根部による地形に、振幅 (500m)、標高差 (1000m)、波長 (6.25km) の余弦関数を重ね合わせた地形で、植生パラメータはすべて森林地を与え、土壤パラメータとしては、すべてのグリッドに対してロームを適用した。計算期間は 30 日とする。

3.3 晴天のみによる長期間シミュレーションの設定条件
通常の気象データの中の晴天の日を1日選び、その気象データを繰り返しドライブすることで、非常に土壌水分の少ない場合のフラックスの影響を調べる。

振幅(100m)、標高差(200m)、波長(2km)の尾根部ー谷部ー尾根部による地形に、晴天日だけの気象データを用い、植生パラメーターはすべて森林地を与え、土壌パラメーターとしては、すべてのグリッドに対してロームを適用した。計算期間は100日とする。

4 計算結果および考察

4.1 水平、鉛直スケール効果に対する考察 NO.1～9のどのシミュレーションでも、起伏の影響で谷部の土壌水分が多く、逆に尾根部での土壌水分量は少ない。この傾向は、起伏の程度と土壌水分の移動量が比例している事を示している。

1から4のシミュレーションでは、谷部になるにつれて、その土壌水分量の大きさにしたがって、潜熱フラックスが大きくなっている。しかし、6から9のシミュレーションでは、土壌水分量の大きいはずの6番のシミュレーションよりも、1番のシミュレーションの潜熱フラックスのほうが大きいことがわかった。これは、土壌水分量が水分ストレスとしてだけでなく、熱容量の分布としても作用するためだと考えられ、土壌水分量と潜熱フラックスの関係が非常に複雑であることを示している。

4.2 複雑地形のシミュレーションに対する考察 土壌水分、マトリックスポテンシャルともに、組み合わせた2つの三角関数のうち、波長の小さな地形の影響が大きいことがわかった。15日目の潜熱フラックスの分布からも、土壌水分分布と同様に、波長の小さな地形の影響が大きい。しかし、分布の最大差をとってみてもわずか 0.05w/m^2 しかなく、この程度の潜熱フラックスの分布では、水平領域長での積分値に影響を与えるものではないと考えられる。

4.3 晴天による長期間のシミュレーションに対する考察 表層の土壌水分量は、ほぼ0.1以下まで落ち込んでいるのに対して、根層では最小でも0.4、再補給層では0.5程度までしか、乾燥していない。つまり、100日程度の乾燥では表層以外では、まだ土壌水分量は、比較的豊富な状態であるといえる。

w2(根層の土壌水分量)-eg(潜熱フラックス：土壌面)関係では、根層の土壌水分量が0.55から0.5に減少する間に潜熱フラックス(土壌面)の減少が著しい。これは、表

層の土壌水分が減少したことで蒸発ストレスが働いたためである。

しかし、w2-ec(潜熱フラックス：キャノピー)関係では、根層の土壌水分量が0.55から0.5に減少する間に潜熱フラックス(キャノピー)の増加が著しい。この程度の土壌水分量では蒸散ストレスが働かず、蒸散量を決定しているのは温度だけとなっている(w2-tc(キャノピー温度)関係参照)。すなわちここでは、土壌水分が少ないほど熱容量が小さくなり地表面温度が上昇しやすく、長波放射の相互作用によりキャノピー温度も高めにシフトするためキャノピーからの蒸散量が増加しているのである。

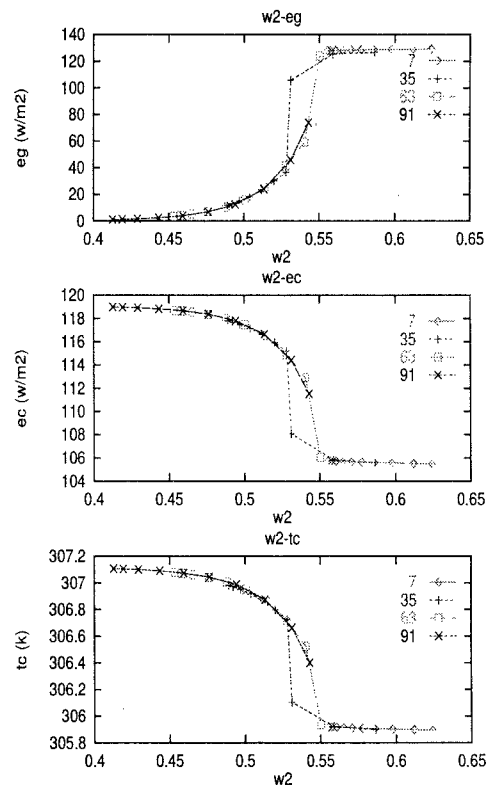


図2 根層の土壌水分量と潜熱、温度の関係

5 結論 土壌水分場、土壌内の水移動を詳細に扱う2次元地中微細モデルと陸面過程モデルSiBを結合し、詳細な土壌水分量の分布を求めた。さらにその結果をもとに顕熱、潜熱、純放射、温度など陸面過程の諸物理量と土壌水分量の関係について検討した。

参考文献

- [1] 高棹琢馬他：陸面水・熱フラックス算定における地表面起伏効果の導入に関する研究，京都大学防災研究所年報第40号B-2，1997.
- [2] Sellers et al. : A simple biosphere model within general circulation models, J.appl.Met., 28,pp727-759, 1986.