

京都大学大学院 学生員 ○田中 敬也
 京都大学防災研究所 正 員 葛葉 泰久
 京都大学防災研究所 正 員 池淵 周一

1. 概要 本研究の目的は人工衛星データ等、時間的に間欠性を持ったデータからの広域蒸発量の推定技術の開発である。上記目的を達成すべく、手法として数値シミュレーションを用いた。まず、できるだけ物理的に根拠のある式を用いて2次元メソスケールモデルを構築し、地表面含水量が観測可能であるが間欠的にデータが得られるという仮定のもと、考察をすすめた。なお本稿では平坦な土地を対象としたがモデルは地表面の起伏にも対応しうるものである。

2. 数値解析モデル 基礎式はまとめて表1に示した。土中モデルではフィック則、ダルシー則、フーリエ則等による水分と熱の移動式を用いた。大気モデルはいわゆる Boussinesq 近似、静力学的平衡を仮定した方程式系を用い、基本的には Kikuchi et al.¹⁾ により開発され、Kimura²⁾ によって改良された局地気象モデルを参考とした。ただし本研究では、できるだけ実現象に沿うよう、降雨がある場合(すなわち地中への浸潤過程を含む)の裸地蒸発もモデル化できるよう、以下のような工夫をした。すなわち、地中モデルの地表面での境界条件として水分フラックス J_{1z0} を次式のように与えた。

湛水が生じていない場合 : $J_{1z0} = \rho_1 P - Ev$

湛水が生じている場合 : $J_{1z0} = \rho_1 K_s$

湛水は地表面含水量が飽和含水量に達したときに起こると仮定し、湛水深の変化率は次式で与えた。

$$dh/dt = P - Ev - K_s - R_s$$

ここで ρ_1 は水の密度、 P は降雨強度、 Ev は蒸発量、 h は湛水深、 K_s は飽和透水係数、 R_s は表面流出高であり、最大湛水深(3(mm)と仮定)を超えると表面流出が起こると考えた。

表 1

連続式	$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$	水分の連続式	$\frac{\partial \rho_l \theta_l}{\partial t} + \frac{\partial \rho_v (\theta_v - \theta_l)}{\partial t} = - \frac{\partial (J_{1z} + J_{vz})}{\partial z}$
運動方程式	$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -\theta \frac{\partial \pi'}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial z} K_m \frac{\partial u}{\partial z}$	熱の連続式	$C_p \frac{\partial T}{\partial t} = - \frac{\partial J_{hz}}{\partial z}$
温位の式	$\frac{\partial \theta'}{\partial t} + u \frac{\partial \theta'}{\partial x} + w \frac{\partial \theta'}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} K_\theta \frac{\partial \theta'}{\partial z}$	u, w : 風速 π : エクスマン関数 K : 渦拡散係数 θ : 温位 q : 比湿 θ : 相関場での温位 (グッシュ): 変動成分 土中の式の θ : 含水率 ρ : 密度 J : フラックス C_p : 定積比熱 T : 温度 添字 l, v, h : 液水・水蒸気・熱	
比湿の式	$\frac{\partial q}{\partial t} + u \frac{\partial q}{\partial x} + w \frac{\partial q}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} K_q \frac{\partial q}{\partial z}$		
静力学的平衡式	$\frac{\partial \pi'}{\partial x} = \frac{g \theta'}{\Theta^2}$		

3. 結果と考察 図1は、縦軸に蒸発量(Ev)/蒸発能(Ep)、横軸に含水率(w)/飽和含水率(ws)をプロットしたものである。降雨の特性を変えて何ケースか計算を行っ

Takaya TANAKA, Yasuhisa KUZUHA, Shuichi IKEBUCHI

たが、この図は一つのケースについてのもので、他のケースでも同様の特徴を示した。図1よりある含水率(w_{cr} :このケースでは w_{cr}/w_s は約0.2)以上では蒸発量は蒸発能に等しいことが分かる。 w_{cr} は土壌によって決まるものであると思われる。この曲線形が正確に土性等から定めれば地表面含水率から E_v/E_0 が分かり、蒸発パン等を利用して得られる蒸発能から蒸発量を求められる。この曲線に類似のもので既に提案されているものもあるが、さらに研究が望まれる部分である。次に蒸発量の時間変化の一例を図2に示す。このケースでは、計算開始 6 時間後に最大強度5mm/h、継続時間3時間の降雨を与えた。図中で実線がその場合の蒸発量(E)であり、一点鎖線は比較のためのもので、同一条件で無降雨とした場合の蒸発量(E_0)、点線は短波放射量である。短波放射は計算開始時刻を日の出(6:00)としてサインカーブで与えた。この図から含水率が w_{cr} 以上の場合(以下、湿潤状態と称す)の蒸発量(E)は短波放射の形状と似ている。そこで短波放射量からの蒸発量推定の可能性について検討を行った。短波放射量を変えて行った8日分(いずれも1日中湿潤状態であった)の日蒸発量とその日の積算短波放射量をプロットすると(図3)、日蒸発量が積算短波放射量にほぼ比例していることが分かる。これは、一日中湿潤状態にある場合、短波放射量から日蒸発量が推定できる可能性を大きく示すものである。ただし乾燥状態については、現在研究継続中である。次に地表面含水率の時間変化を、前述と同様のケースについて図4に示す。一点鎖線は無降雨時(E_0 に対応)のものでこの場合夜間の含水率はほぼ一定であり、衛星からの観測が夜間に行われた場合、サンプリング時刻によらず測定値を夜間を通しての値とみなすことができる。また、降雨があった場合でも w がある程度以下になれば同様のことがいえる(実線)。最後に、同じ分布型で1日目の様々な時間で降雨を発生させた計算を行ったところ2日目終了時にはどの場合もほぼ同じ含水率を示した。これも、限られたデータからの蒸発散量推定に有益な知見であると考えられる。現在は $w \leq w_{cr}$ の場合の検討と、観測結果を用いたモデルの検証を行っている。結果は講演時に発表する。

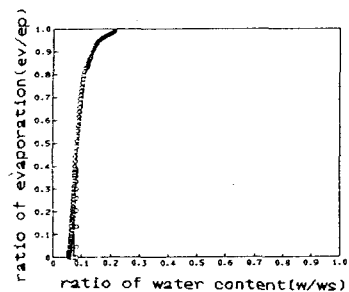


図1：蒸発量－含水率曲線

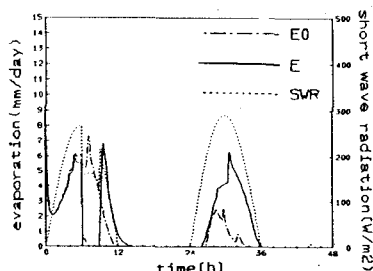


図2：蒸発量の時間変化

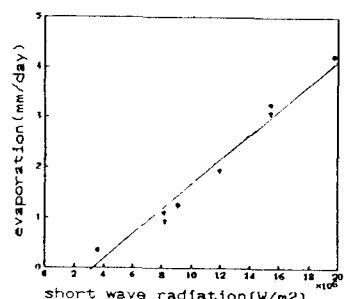


図3：日蒸発量－積算短波放射量

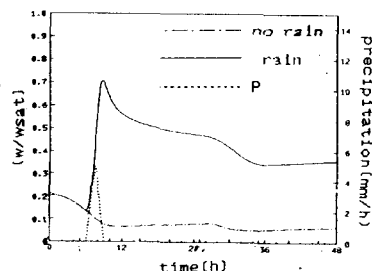


図4：含水率の時間変化

文献 1)Kikuchi et al.:J. Met. Soc. Jap.(1981)pp.723-737. 2)Kimura & Takahashi:Atm. Env.(1991)pp.155-163. 3)例えば、葛葉・池淵ら:水文学会(1992)