

II-32 ヒートパルス速度を用いた改良型蒸散量推定モデルについて

徳島大学工学部 正員 吉田 弘

徳島大学工学部 正員 端野 道夫

1. はじめに: 土壌・植生・大気連続体 (SPAC) をなす森林流域において蒸散過程はこれら3要素を連結する上で重要な役割を担っている. 殊に様々な要因がもたらす蒸散の頭打ちや抑制効果は蒸散過程を通じて発揮され, 流域を面的に捉える限りではこれを説明できない. 本研究ではこういった効果の評価を試みるため, 過年度に開発した蒸散量推定モデルに¹⁾改良を加え, 推定精度の向上を図った.

2. 改良型蒸散量推定モデル: 本研究における蒸散量推定モデルは, 樹液流速の指標であるヒートパルス速度と蒸散量との関係を定式化することによって構築されている. 本来, 本蒸散モデルを用いればヒートパルス速度から蒸散量を推定する過程と蒸散量からヒートパルス速度を推定する過程は等価である. しかし過年度のモデルでは蒸散強度の急変する部分において十分な再現性が得られなかったため, パラメータ推定過程と逆方向の過程に対しては精度が極端に低下した. そこで今回は過年度のモデルに改良を加え推定精度の向上を図った. 本モデルは, 樹体水分に関する収支式(1), 根系による土壌水分の吸水強度 E_s の式(2), ならびに樹液流速の指標であるヒートパルス速度 V_h と吸水強度 E_s との関係式(3)より成る. これらを整理し, 水分ストレス S_T に関する2階の常微分方程式を解くことで解析解(4)式を得る. また(4)式を t で微分して水分収支式(1)へ代入すれば蒸散量推定式は(5)式で与えられる. 過年度のモデルと異なる点は, 蒸散量もしくはヒートパルス速度が急変する部分を説明するために, (2)式において第2項の水分ストレスの2階の微分項を考慮にいったことである. 蒸散モデルのパラメータは α , β , γ , K , p の5つであり, ヒートパルス速度から蒸散量を推定する過程において実測蒸散強度と推定蒸散強度の誤差2乗和を最小にする組み合わせを非線形最小2乗法で探索した.

《 基礎式 》

$$\frac{dS_T}{dt} = E_T - E_s \quad (1)$$

$$S_T = \alpha(E_T - E_s) + \beta \frac{d(E_T - E_s)}{dt} + \gamma E_s \quad (2)$$

$$V_h = K \cdot E_s^p \quad (3)$$

《 蒸散量推定式 》

$$S_T = C_1 \exp(r_1 t) + C_2 \exp(r_2 t) + \exp(r_1 t) \int_0^t \frac{\gamma E_s \exp(-r_1 \tau) d\tau}{r_2 - r_1} - \exp(r_2 t) \int_0^t \frac{\gamma E_s \exp(-r_2 \tau) d\tau}{r_2 - r_1} \quad (4)$$

$$E_T = E_s + C_1 r_1 \exp(r_1 t) + C_2 r_2 \exp(r_2 t) + r_1 \exp(r_1 t) \int_0^t \frac{\gamma E_s \exp(-r_1 \tau) d\tau}{r_2 - r_1} - r_2 \exp(r_2 t) \int_0^t \frac{\gamma E_s \exp(-r_2 \tau) d\tau}{r_2 - r_1} \quad (5)$$

$$C_1 = \frac{r_2 S_{T0} - dS_T/dt_0}{r_2 - r_1}, \quad C_2 = \frac{-r_1 S_{T0} + dS_T/dt_0}{r_2 - r_1}$$

$$r_1 = (-\alpha - \sqrt{\alpha^2 + 4\beta}) / 2\beta, \quad r_2 = (-\alpha + \sqrt{\alpha^2 + 4\beta}) / 4\beta$$

3. モデルパラメータの同定結果：表-1にヒートパルス速度から蒸散強度を推定する過程で行ったモデルパラメータの同定結果をまとめて示す。過年度までは実験ケースによっていずれのパラメータにも数倍程度のばらつきが見られていたが、本モデルにおいては非常に安定して同定されている。

表-1 モデルパラメータの同定結果

CASE	DATE	α	β	γ	K	p	ε (%)
A	90. 8. 2	0.772	85.08	0.044	0.153	0.741	0.427
B	90. 8. 3	0.645	85.19	0.047	0.102	0.817	0.459
C	90. 8. 14	0.722	89.88	0.046	0.083	0.885	1.280
D	90. 9. 1	0.800	78.99	0.041	0.126	0.759	0.811
E	90. 9. 4	0.655	94.75	0.039	0.097	0.845	0.872
F	90. 9. 5	0.771	100.29	0.061	0.161	0.723	0.866
G	90. 9. 12	0.680	90.88	0.030	0.214	0.686	0.454
H	90. 9. 22	0.704	87.22	0.036	0.108	0.782	0.775
I	90. 9. 27	0.749	79.10	0.043	0.104	0.797	0.727

実森林データへの適用を念頭におけば、如何なる実験ケースにあってもパラメータは安定して同定されていることが必須の条件であり、本モデルの段階に到ってようやくほぼ当初の目的が達成された。

4. 再現計算結果：平成2年9月27日のCASE Iについて同定パラメータを用いて蒸散強度から吸水強度を逆推定した結果を図-1に示す。本モデルによれば逆推定の過程においてもなお標準誤差にして1%以内という高い精度を有している。一方、逆推定精度に関して従来モデルと比較するため、図-2に従来のモデルを用いて行った結果を示す。従来の場合、パラメータ同定の段階でおよそ4%程度の誤差であったが、逆推定過程では16%程度にまで精度が低下している。

5. 実流域データへのモデルの適用についての考察
本蒸散モデルの基本構造は確定したが、実際にはこのほかに土壤水分の吸水過程に関するモデル化が必要となる。また、本来未知量である実蒸散強度は気象データにPenman式を適用し、ある係数を乗じることによって推定すればよいだろう。現地におけるデータの収集精度を考えると蒸散強度の方はAMeDASやひまわりのデータを利用するとして1時間間隔程度になるであろう。一方、ヒートパルス速度のデータは約20分から30分間隔程度でも収集可能であることから、ヒートパルス速度、蒸散強度ならびに土壤水分張力のデータを用いて本蒸散モデルおよび吸水強度モデルのパラメータ同定を行う。こうして得られた吸水強度を用いて改めて蒸散強度を推定すれば、いわゆる蒸散量の頭打ちや抑制効果が評価できよう。

《参考文献》

1)端野, 吉田: ヒートパルス速度による森林蒸散量推定モデルについて, 水工論文集Vol. 35, pp. 15-20, 1991

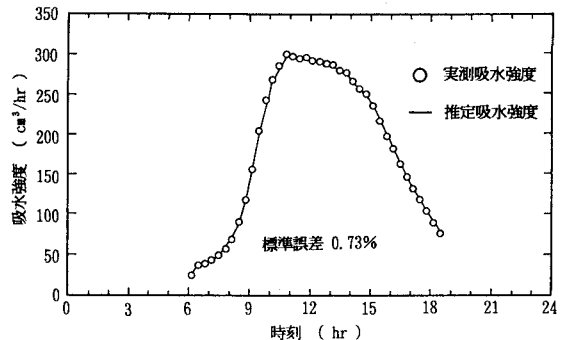


図-1 改良型モデルによる再現結果 (CASE I)

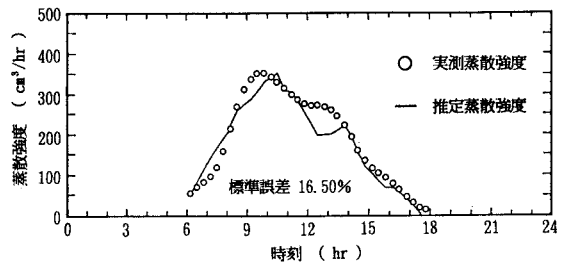


図-2 従来型モデルによる再現結果 (CASE I)